

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

L'INFLUENCE DE LA MOBILITÉ CHEZ LES HOCHEYEURS D'ÂGE JUNIOR

MÉMOIRE PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA

MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

RAPHAËL BOUDREAU

AVRIL 2021

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

Direction de recherche :

Philippe Fait, Ph.D., CAT(C)

Université du Québec à Trois-Rivières

Prénom et nom

directeur de recherche

Jean Lemoyne, Ph.D.

Université du Québec à Trois-Rivières

Prénom et nom

codirecteur de recherche

Jury d'évaluation

Philippe Fait, Ph.D., CAT(C)

Directeur de recherche - UQTR

Prénom et nom

Fonction du membre de jury

Karine Boivin, Ph.D.

Évaluatrice interne- UQTR

Prénom et nom

Fonction du membre de jury

Patrick Delisle-Houde, M.Sc.

Évaluateur externe – McGill University

Prénom et nom

Fonction du membre de jury

RÉSUMÉ

La performance sportive est un aspect important du sport qui est de plus en plus étudiée. À cet égard, plusieurs études ont été menées pour cibler les variables qui déterminent les performances du hockey sur glace, afin d'atteindre un niveau optimal. Le but de cette recherche était de déterminer s'il existe une association significative entre la performance du Y-balance Test (YBT), un test de mobilité, et la performance de patinage sur glace des hockeyeurs de la Ligue de hockey junior majeur du Québec (LHJMQ). Ce test de mobilité a été principalement utilisé pour la prévention des blessures et peu d'études ont examiné son lien avec les performances en patinage sur glace. Au total, 12 hockeyeurs d'une équipe de la LHJMQ ont subi le YBT et des tests sur glace (test de sprint de 8 m, test d'agilité de 44,8 m et de slalom) avant le début de la saison et après la 27^e partie de l'équipe. Les résultats de cette étude indiquent que la symétrie au YBT des membres inférieurs pourrait être liée à une meilleure performance de patinage et que la mobilité évoluera différemment pour chaque joueur au cours de la saison. Les résultats permettront aux intervenants (entraîneurs, préparateur physique et thérapeute) de mieux comprendre l'importance de la mobilité de l'hockeyeur junior majeur, ainsi de faire un suivi et une planification individualisés pour optimiser la performance sur glace.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES	vii
ABRÉVIATIONS	viii
REMERCIEMENTS	ix
1. INTRODUCTION	1
2. PROBLÉMATIQUE.....	3
2.1 Aspects biomécaniques et techniques en patinage	5
2.2. Évaluation de la mobilité articulaire fonctionnelle dans le domaine sportif et au hockey	6
2.3. Le déconditionnement de l'athlète : le cas du hockey	7
2.4. Questions et objectifs de recherche	10
3. CADRE CONCEPTUEL DE L'ÉTUDE.....	12
3.1 Le concept de mobilité	12
3.2 Le concept de l'asymétrie dans le sport	15
3.3 Exigences du sport : aspects techniques et physiologiques	18
3.4 Relations entre les tests hors-glace et la performance sur glace	21
4. ARTICLE SCIENTIFIQUE.....	23

5. DISCUSSION	57
5.1. Synthèse des résultats	57
5.2. Technique de patinage et mobilité	58
5.3 Asymétrie au hockey	59
5.4. Pertinence de l'évaluation de la mobilité en contexte de performance	60
5.4. Limites de l'étude, perspectives futures	62
6. CONCLUSION	63
7. RÉFÉRENCES	64
ANNEXE A	77
ANNEXE B	80
Questionnaire sur les signes de fatigue : Fatigue Assessment Scale (FAS)	81
ANNEXE C	82
ANNEXE D	85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1. Descriptive and anthropometric data of the participants	32
2. Players descriptive data	38
3. Players experience, playing time and fatigue score	39
4. Associations between dominant leg asymmetry and on-ice performance	40
5. Posteromedial reach asymmetry predictor on on-ice performance test variable	41
6. Difference in relative reach distance (%) for each direction (paired sample t-tests)	43
7. Performance Over Time	44

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1. On-ice tests: 1A) the 8-meter sprint test, and 1B) the 44.8-meters sprint test	36
2. Quadratic regression of posteromedial reach asymmetry at both testing times with the dependent performance variable (8 m sprint, 8 m watts, 44.8 m sprint and weave agility test)	42
3. Players dominant leg reach direction asymmetries	45

ABRÉVIATIONS

FMS: Functional movement screen

LCH/CHL: Ligue Canadienne de hockey

LNf/NFL: Ligue Nationale de Football

LNH/NHL: Ligue Nationale de Hockey

LHJMQ : Ligue de Hockey Junior Majeur du Québec

NCAA: National Collegiate Athletic Association

SEBT: Star Excursion Balance Test

YBT: Y-Balance Test

YBT-LQ: Lower Quarter Y-Balance Test

REMERCIEMENTS

La publication de ce mémoire est le résultat de mes trois années de recherche, où j'ai eu la chance de travailler avec plusieurs personnes passionnées qui m'ont appris à développer mon aspect critique et de toujours me poser davantage de questions.

J'aimerais d'abord remercier mes directeurs de recherche Philippe Fait et Jean Lemoyne. Ils m'ont grandement aidé à développer mes compétences de chercheur dans mon parcours parsemé d'embûche. Sans leur aide, je n'aurais pu passer au travers de ma maîtrise.

L'apport de ma conjointe Valérie Boulanger est inestimable, elle qui m'a aidé à recentrer mes idées lorsque je m'éloignais trop de mes objectifs. Pour toutes les fois que je lui ai demandé de lire une partie de texte pour voir si je m'étais bien exprimé. Je la remercie pour tout cela et pour m'avoir supporté tout au long de ma maîtrise.

Pour terminer, je tiens à remercier mes parents pour leur appui. Mon désir de continuer à la maîtrise les avait grandement surpris, mais c'est grâce à l'éducation qu'ils m'ont donnée que j'ai décidé de poursuivre cette aventure.

1. INTRODUCTION

Le hockey sur glace est le sport national pour la saison d'hiver au Canada, ce qui explique qu'en 2019-2020 plus de 600 000 hockeyeurs y ont participé (Hockey Canada, 2020). De ce nombre, 1 428 étaient membre de la Ligue Canadienne de Hockey (LCH). La LCH est considérée comme le dernier échelon au Canada avant d'accéder au niveau professionnel. Les hockeyeurs de cette ligue sont constamment épiés par les entraîneurs et les recruteurs des différentes organisations professionnelles. Ils observent et analysent les performances sur glace, que ce soient les habiletés avec la rondelle, les habiletés sur patin, le tir, la vision de jeu, et l'éthique de travail pour ne mentionner que certains attributs (Renger, 1994). De plus, ils accordent aussi de l'importance au niveau des performances hors glace. Ainsi, des protocoles d'évaluation des aptitudes hors glace ont gagné beaucoup en popularité. À titre d'exemple, le « *NHL Combine* », une séance d'évaluation des futurs talents qui regroupe les 100 meilleurs hockeyeurs d'âge junior, vise à faire passer aux hockeyeurs une évaluation médicale exhaustive, ainsi qu'un examen de mobilité fonctionnelle. Ils sont également soumis à une série de tests physiques et physiologiques qui mesurent la force musculaire, l'endurance musculaire, la puissance musculaire, l'anthropométrie, la composition corporelle, l'agilité, en plus des capacités anaérobie et aérobie (Rowan, Kuropkat, Gumieniak, Gledhill, & Jamnik, 2015). L'évaluation de la mobilité, qui est déjà mesurée au « *NHL Combine* » avec le *Y-Balance Test* (YBT) (2015) et le *Functional Movement Screen* (2012) pour la prévention de blessures (Rowan et al., 2015), pourrait être analysée pour prédire la performance de

patinage sur glace, et ainsi donner davantage d'information à l'équipe de recruteurs pour compléter le profil de l'athlète. De telles analyses n'ont pas été faites, puisque le lien entre la mobilité et la performance sur glace n'est pas documenté. Une meilleure compréhension de cette relation aiderait le travail des thérapeutes du sport et ceux des préparateurs physiques à optimiser la performance des athlètes. L'observation de la mobilité fonctionnelle articulaire des membres inférieurs des hockeyeurs permettrait donc de développer davantage les hockeyeurs et ainsi d'optimiser leur performance. Cette optimisation, via la mobilité fonctionnelle, pourrait augmenter l'efficacité des programmes de préparation physique des hockeyeurs de la LCH.

Cette recherche s'intéresse à la problématique concernant la pratique du hockey sur glace et les aspects de la condition physique chez les hockeyeurs élités. Les demandes du sport, la biomécanique du coup de patin ainsi que le déconditionnement seront brièvement présentés. Par la suite, les concepts entourant la mobilité seront introduits, ainsi que les méthodes d'évaluation associées. De façon générale cette recherche a pour but d'observer l'influence de la mobilité sur les performances sur glace, ainsi que l'évolution de la mobilité fonctionnelle au cours d'une saison chez des hockeyeurs d'âge junior.

2. PROBLÉMATIQUE

La performance athlétique est un aspect primordial qui est de plus en plus étudiée. Les athlètes, entraîneurs, recruteurs, préparateurs physiques et thérapeutes du sport cherchent à identifier quels sont les attributs qui contribuent le plus à hausser la performance, et par le fait même visent à développer des approches qui permettront d'optimiser chaque composante de la performance sportive. En ce sens, l'athlète et son entourage cherchent à améliorer les moindres détails qui pourraient être avantageux en compétition. Tous les intervenants, associations et organisations veulent encadrer leurs athlètes avec des approches optimales, en se basant sur les exigences du sport et sur des facteurs de performance comme la condition physique, la prévention de la fatigue, la gestion du stress, l'alimentation et le sommeil. Pour être en mesure de cibler les déterminants de la performance spécifique au hockey, il importe de mieux connaître les exigences et caractéristiques de cette discipline. Plusieurs études ont été effectuées en ce sens et ont démontré les qualités essentielles que doivent développer les hockeyeurs dans le but d'atteindre un niveau optimal de performance (Cox, Miles, Verde, & Rhodes, 1995; Rocznio et al., 2016; Twist & Rhodes, 1993). Montgomery et ses collègues ont investigué sur le profil physiologique de l'hockeyeur pour identifier les qualités essentielles à développer afin d'avoir les aptitudes propres à un excellent hockeyeur (Montgomery, 1988). De leur côté, Stanula et ses collègues se sont penchés sur l'étude de l'intensité générée en situation de match, par l'entremise de la fréquence cardiaque selon les différentes phases de jeu (Stanula et al., 2016). Ils ont démontré que les attaquants sont significativement plus souvent en zone de basse intensité que les défenseurs et que la

méthode utilisant les paramètres aérobie et anaérobie pour déterminer les zones d'intensité peut significativement améliorer la fiabilité dans l'évaluation de la demande physiologique lors d'une partie. Dans la même veine, Allisse et ses collègues ont observé la morphologie, la physiologie ainsi que le coup de patin des hockeyeurs élités (Allisse, Sercia, Comtois, & Leone, 2017). Leurs résultats suggèrent que les variables musculaires tendent à augmenter durant la saison et l'entre saison. De plus, tous les tests de patinage ont montré une augmentation significative durant la saison, mais pas durant l'entre saison. Finalement, ils ont observé une faible variance entre les variables physiologiques hors glace et les tests de performance sur glace, ce qui remet en question les tests choisis ainsi que les méthodes d'entraînement. En conclusion, les hockeyeurs se doivent d'avoir un système cardiovasculaire efficace, un niveau adéquat de force et de puissance musculaire, une bonne stabilité ainsi qu'une amplitude de mouvement suffisante au niveau des membres inférieurs (Behm, Wahl, Button, Power, & Anderson, 2005; Montgomery, 1988; Schwesig et al., 2017). Cependant, malgré la pléthore d'études ayant traité des exigences du hockey sur glace, très peu d'auteurs se sont penchés sur l'influence de la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs sur la performance de la vitesse et de l'agilité sur glace et son évolution au cours de la saison. La mobilité étant définie comme la capacité d'exécuter des mouvements fonctionnels sans restriction dans l'ensemble de son amplitude (Smith & Plowman, 2007), elle est déterminée à partir de quatre composantes selon ces auteurs : 1) la force, 2) l'équilibre, 3) la coordination et 4) la flexibilité. En ce sens, il apparaît alors pertinent de considérer la mobilité articulaire dans l'évaluation des attributs physiques de l'hockeyeur de haut niveau.

2.1 Aspects biomécaniques et techniques en patinage

Pour parvenir à établir l'influence que la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs peut engendrer sur les performances hors glace et sur glace, il faut tout d'abord se pencher sur la question de la biomécanique du coup de patin et de l'impact joué par la mobilité fonctionnelle sur celle-ci. Une bonne biomécanique favorise les mouvements spécifiques des athlètes. En effet, le coup de patin est l'une des habiletés principales des hockeyeurs élités (Montgomery, 1988). Il est donc important de connaître les critères qui permettent d'avoir un bon coup de patin. Upjohn et ses collègues (2008) ont comparé la cinématique du membre inférieur entre les hockeyeurs élités et les hockeyeurs récréatifs. Ils ont observé des différences significatives entre les deux groupes, et ce, au niveau de la longueur de la poussée (*stride*), de l'excursion segmentaire et une plus grande amplitude articulaire de la hanche, du genou, ainsi que davantage de dorsiflexion du pied d'appui en faveur des hockeyeurs élités (Upjohn, Turcotte, Pearsall, & Loh, 2008). Dans la même étude, ils ont montré que les hockeyeurs les moins performants durant les tests sur glace affichaient un niveau de mobilité des membres inférieurs moindre, ce qui risque fort bien de se refléter lors de tests de mobilité hors glace. Une étude a été effectuée par Page (1975) sur 14 jeunes hockeyeurs, provenant du milieu collégien, récréatif et professionnel, pour identifier les différences entre un patineur rapide et un lent (Page, 1975). Les hockeyeurs étaient filmés sur une distance de 12,19 mètres. Le film était utilisé pour mesurer l'angle d'abduction à la hanche, l'angle de flexion au genou, l'angle d'inclinaison (*hip-skate forward*), l'angle du tronc relatif à la glace et le temps de la phase de retour. Les marques faites par les patins sur la glace ont été utilisées pour mesurer la poussée (*stride*) gauche-

droite et la largeur totale de la poussée. Suite à l'analyse des données, ils ont trouvé quatre caractéristiques différenciant ceux considérés comme étant de bons patineurs des autres, soit : la largeur de la poussée gauche et droite, la largeur entre les poussées et l'angle d'abduction de la hanche (Page, 1975). Également, les auteurs ont observé chez les patineurs rapides une plus grande flexion du tronc alors que les moins rapides conservaient leur tronc plus à la verticale. Une étude plus récente de Buckeridge et al (2015), ont montré des résultats semblables en notant que les hockeyeurs de haut niveau ont une plus grande amplitude de mouvement à la hanche en patinant ainsi qu'une plus grande pression imposé sur l'avant-pied (Buckeridge, LeVangie, Stetter, Nigg, & Nigg, 2015). Il semble donc que la mesure de la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs en contexte hors-glace pourrait être un facteur pouvant aider à catégoriser les bons patineurs comparativement aux autres.

2.2. Évaluation de la mobilité articulaire fonctionnelle dans le domaine sportif et au hockey

Selon la littérature, la mobilité fonctionnelle est un aspect souvent négligé, en recherche, par la science sportive et médicale. Elle a été principalement étudiée sous l'angle de la prévention des blessures (Bond et al., 2019; Chalmers et al., 2017; Dossa, Cashman, Howitt, West, & Murray, 2014; Duke, Martin, & Gaul, 2017; Moran, Schneiders, Mason, & Sullivan, 2017). L'évaluation de la mobilité ont connu une émergence dans le domaine de l'évaluation sportive avec son inclusion dans les tests de la LNF (2011) et la LNH (2013 et 2015). Par exemple, la batterie de tests Functional Movement Screen (FMS) a été utilisée dans une recherche chez les hockeyeurs de niveau junior pour déterminer si

les résultats de la présaison pouvaient prédire les risques de blessure (Dossa et al., 2014). Toutefois, aucune corrélation significative n'a été rapportée en rapport avec la performance (Dossa et al., 2014). Lorsqu'on regarde les tests physiques hors glace et la performance sur glace, il n'est pas question de tests de mobilité comme le démontre la revue de la littérature, mais plutôt des tests physiques de force et puissance (Nightingale, Miller, & Turner, 2013). La mobilité n'a pas été analysée comme facteur de performance chez les hockeyeurs, c'est pourquoi l'évaluation de celle-ci serait innovateur.

2.3. Le déconditionnement de l'athlète : le cas du hockey

Le déconditionnement physique se définit comme suit : une adaptation d'un organisme à un environnement moins demandant ou une diminution des adaptations physiologiques aux conditions normales (Chhabra, 2015). Le déconditionnement peut être expliqué, entre autres, soit par le manque ou soit par une trop grande stimulation (surentrainement) (Green et al., 2012). Il peut être difficile de trouver l'équilibre entre la surcharge et la récupération. Lorsque le stress imposé sur le corps de l'athlète est plus grand que ce qu'il peut soutenir, un déséquilibre peut se produire, ce qui mène au surentrainement et une diminution des performances en découlent (Halsen & Jeukendrup, 2004). À l'opposé, lorsque l'athlète arrête de s'entraîner ou s'entraîne moins pendant une période plus ou moins longue, cela mène à des adaptations qui se présentent sous forme de diminution des capacités physiques (Mujika & Padilla, 2000).

Le déconditionnement semble un phénomène répandu chez les athlètes au cours d'une saison de hockey (Green et al., 2010). La littérature montre bien ce phénomène, notamment dans la recherche de Green et ses collègues (2010), qui rapporte que les muscles des hockeyeurs tendent à s'atrophier au cours d'une saison (Delisle-Houde, 2017; Green et al., 2010). Ils y constatent un remodelage musculaire en observant un changement dans le pourcentage de fibres musculaires entre le début de la saison et sa fin. Aussi, une diminution significative de l'aire de surface de section musculaire (*Cross-sectional Area*) des fibres de type I et des fibres de type IIa a été observées et celles-ci sont principalement responsables de la poussée sur patins. L'hypothèse partagée par ces recherches pour expliquer ce déconditionnement est que les demandes intenses du sport du hockey causent des adaptations négatives. De plus, il est également suggéré que les athlètes souffriraient de surentrainement dû aux exigences du sport (Green et al., 2012). Le déconditionnement se manifeste au niveau des capacités physiques et il agit sur la composition corporelle, soit sur le ratio de la masse maigre versus la masse grasse et aussi sur le nombre de fibre musculaire dans un muscle donné (Green et al., 2010; Prokop, Reid, & Andersen, 2016). Green et al (2010) ont montré que la surface des fibres du vaste latéral, selon une coupe transversale, était plus faible chez le groupe après saison, pour les fibres de type IIA seulement et qu'il y avait un changement au niveau des protéines du muscle (Green et al., 2010).

Les exigences physiologiques d'une saison de hockey affectent la composition corporelle ainsi que la performance (Cox et al., 1995; Green et al., 1976; Green & Houston, 1975; Prokop et al., 2016). Il a été montré que la pratique de ce sport engendre

des changements au niveau des capacités physiques et sur différentes fonctions du corps (Green & Houston, 1975). Une diminution est observable au niveau des résultats des tests hors glace. En ce sens, il a déjà été montré que l'effet défavorable de la saison sur la puissance, alors que les résultats aux épreuves de sprints répétés étaient moins élevés après la saison, comparativement aux résultats obtenus en début de saison (Laurent, Fullenkamp, Morgan, & Fischer, 2014). Comme le corps s'adapte aux stimulations qu'on lui impose, il est donc possible d'envisager qu'un patron similaire se produise pour la mobilité. Ceci en considérant que les facteurs reliés à la mobilité peuvent être modifiés avec l'entraînement. Pour pouvoir apprécier la condition physique spécifique à un hockeyeur, il faut non seulement établir son bilan global en début de saison, mais également l'observer tout au long de la saison puisque la charge de travail est élevée. Les 68 parties de saison en plus des pratiques sur glace ($n \approx 90$), des parties présaisons ($n \approx 8$), des séries et sans compter les heures investies dans les nombreux déplacements sont des facteurs qui pourraient contribuer au déconditionnement de l'athlète.

Les études ayant porté une attention sur l'évolution de la mobilité fonctionnelle durant la saison rapportent des résultats divergents. D'abord, une étude effectuée sur une équipe féminine de hockey sur gazon, ne rapporte aucun effet de déconditionnement en comparant les résultats pré à ceux post saison du *Y-Balance Test* (YBT) (Hoch, Welsch, Hartley, Powden, & Hoch, 2017). Avery et al. (2017) présente une observation intéressante chez des hockeyeurs de 8 à 11 ans : ils notent l'absence du déconditionnement sur le score total des résultats au test FMS, entre le début et la fin de saison, alors qu'ils rapportent une baisse de performance au YBT (Avery, Wattie, Holmes, & Dogra, 2017).

2.4. Questions et objectifs de recherche

Deux questions de recherche découlent de la problématique étudiée. D'abord, est-ce que la mobilité fonctionnelle est liée à la performance sur glace de l'hockeyeur? En lien avec ce questionnement, l'objectif principal est **d'analyser la relation entre la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs et les paramètres de performance sur glace chez des hockeyeurs de niveau junior majeur**. Nous soulevons aussi la question suivante : est-ce que le déconditionnement physique a un impact sur la mobilité fonctionnelle ainsi que sur les performances sur glace des joueurs au cours d'une saison junior majeur? En ce sens, l'objectif secondaire est **d'observer et de décrire comment évolue la mobilité fonctionnelle et la performance aux tests sur glace au cours d'une saison de hockey junior majeur**. En fait, on cherche à vérifier si la mobilité subit le même sort, ou du moins, pourrait se voir affectée par le déconditionnement causé par les exigences de la saison de hockey.

À la lumière des informations préliminaires tirées des études précédemment mentionnées, l'hypothèse principale que nous proposons est que la mobilité hors glace influencerait la capacité des hockeyeurs à performer lors de tests sur glace. L'hypothèse secondaire se formule ainsi : la mobilité fonctionnelle de l'athlète et les tests de performances connaîtront un déconditionnement physique au cours de la saison. En démontrant que la mobilité fonctionnelle des membres inférieures est un facteur de performance chez les hockeyeurs et qu'elle puisse diminuer durant une saison, ce phénomène pourrait permettre aux intervenants (entraîneurs, préparateurs physiques et thérapeutes du sport) de moduler la tâche des hockeyeurs, et d'adapter les programmes

d'entraînement au cours d'une saison, afin d'avoir des athlètes plus performants tout au long de la saison. Cette étude se penchera d'abord sur le lien entre la mobilité fonctionnelle hors glace et la performance aux tests sur glace. En second lieu, elle vise à déterminer s'il existe des changements au niveau de la mobilité et des performances aux tests sur glaces au cours d'une saison de hockey.

3. CADRE CONCEPTUEL DE L'ÉTUDE

3.1 Le concept de mobilité

La mobilité est définie dans le dictionnaire Larousse (2017) comme suit : Propriété, caractère de ce qui est susceptible de mouvement, de ce qui peut se mouvoir ou être mû, changer de place, de fonction. Dans le domaine sportif, les termes mobilité et flexibilité sont très souvent confondus à tort. La flexibilité est définie comme la capacité d'un muscle ou d'un groupe de musculaire de s'allonger de façon passive (Gleim & McHugh, 1997). La plus grande différence entre les deux termes est le caractère volontaire ou actif de la mobilité. Un autre terme qui peut porter à confusion est la stabilité qui fait référence à la capacité du corps à maintenir l'équilibre postural et à soutenir les articulations pendant le mouvement (Riemann & Lephart, 2002). La mobilité et stabilité vont de pair au niveau des articulations du corps puisqu'il y a toujours une articulation mobile suivie d'une articulation stable (Cook, 2002). Selon le tableau de Kalaja (2009), il existe trois différentes sphères qui influencent la mobilité des articulations soit : 1) les facteurs structurels, 2) les facteurs de performance, et 3) les facteurs de coordination (Keskitalo, 2011). Les facteurs structurels font référence aux différences anatomiques entre chaque humain, par exemple, l'angle d'inclinaison au niveau du col du fémur limite ou augmente l'amplitude de mouvement au niveau de la hanche. Les facteurs de performance et de coordination sont les éléments reconnus comme les plus importants pour la mobilité active (Alter, 1996). Dans le sport, la mobilité active est la plus importante. La mobilité d'un athlète est définie comme étant sa capacité de performer un

mouvement actif selon une grande amplitude et avec contrôle (Smith & Plowman, 2007). Il existe deux tests fréquemment utilisés qui évaluent la mobilité active, soit le FMS et le YBT.

Le FMS a été élaboré en 2001 par Gray Cook et Lee Burton pour améliorer l'évaluation de la performance, de la condition physique ainsi que pour optimiser la réadaptation et la prévention des blessures. Le FMS évalue les mouvements fondamentaux, le contrôle des patrons moteurs et la capacité à réaliser des tâches simples selon des aptitudes spécifiques. Le FMS comprend sept tests qui requièrent un équilibre entre la mobilité et la stabilité. Ces mouvements sont évalués selon des critères précis et cotés entre 0 et 3, tel que rapporté dans l'étude de Minick (Minick et al., 2010).

Le YBT-LQ évalue des patrons moteurs en appui sur une jambe et ceci selon trois différents plans de mouvement : antérieur, postéro médial et postéro latéral. Le YBT élaboré en 2012 par Phillip Plisky est une version simplifiée du Star Excursion Balance Test (SEBT) qui évalue le risque de blessure ainsi que l'équilibre dynamique. Ces tests requièrent de la mobilité, de la force, de la stabilité et de la coordination (Plisky et al., 2009). En 2015, le YBT a été ajouté au test que les meilleurs espoirs de la ligue devaient compléter lors du NHL combine. Ce test peut identifier un patron moteur dysfonctionnel et la présence d'asymétrie chez les athlètes. Ceci pourrait avoir pour conséquence de diminuer leur performance et d'augmenter leur vulnérabilité face aux différents types de blessures. Plusieurs études ont également montré des résultats reproductibles pour le YBT, ce qui dénote la fidélité de ses mesures (Shaffer et al., 2013; Faigenbaum et al., 2014; Plisky et al., 2009). Par exemple, une étude effectuée sur les militaires a fait ressortir

la fidélité de type test-retest de la mesure de la mobilité fonctionnelle maximale du membre inférieur à la suite de l'observation de corrélations de 0.80 à 0.85 entre les deux répétitions de la mesure (Shaffer et al., 2013). Deux autres études ont également observé une bonne à excellente fidélité (test- retest) ainsi qu'une fiabilité inter évaluateur solide dans l'évaluation des joueurs de soccer (Faigenbaum et al., 2014; Plisky et al., 2009).

Certaines études ont utilisé le YBT pour tenter de prédire la performance sportive. Il y a également des recherches qui corrélient les tests FMS et YBT avec des performances spécifiques au sport comme la vitesse du lancer ou la vitesse de patinage. Bullock et al. (2018) ont effectué une recherche sur 30 joueurs de baseball de la «*National Collegiate Athletic Association*» (NCAA) division 1 où il n'y a eu aucune corrélation entre le YBT pour le membre supérieur et la vitesse du lancer (Bullock et al., 2018). Spécifiquement au hockey, Krause a démontré que les tests postéro latéraux du YBT sont positivement associés à la vitesse de patinage vers l'avant (Krause et al., 2012). Il est également possible de compléter le YBT avec une analyse vidéo pour avoir une évaluation plus précise de la mobilité. Min-Hyeok Kang et al. (2015) ont utilisé l'analyse vidéo pour mieux comprendre ce qui est associé à un bon résultat au YBT (Kang et al., 2015). Le programme Dartfish est grandement utilisé dans le monde du sport pour analyser la biomécanique ou l'exécution d'un mouvement. Il analyse le mouvement 2D des athlètes en donnant l'angulation des articulations lors du déplacement. Selon Moataz et al. (2012), le logiciel Dartfish est une alternative fiable au système 3D grâce à une mince différence de $\pm 5\text{mm}$ (Moataz, Shihab, Craig, & Loren, 2012).

3.2 Le concept de l'asymétrie dans le sport

Les déviations de la symétrie pour une caractéristique donnée peuvent être classées dans l'un des trois types décrits par Van Valen : 1) asymétrie directionnelle 2) anti-symétrie 3) asymétrie fluctuante (Van Valen, 1962). L'asymétrie directionnelle fait référence au développement systématique vers un côté donné. Par exemple, la position et la masse des organes internes dans le corps humain ne sont pas positionnées ou distribuées de manière symétrique (Maloney, 2019). L'anti-symétrie décrit une caractéristique qui va typiquement se développer vers un certain côté, cependant, le côté vers lequel cela se produit est variable. Un exemple d'antisymétrie serait la préférence pour une main ou un membre (Maloney, 2019). L'asymétrie fluctuante décrit une caractéristique dont on s'attend à ce qu'elle se développe symétriquement, mais qui s'écarte de cette trajectoire. L'auteur Maloney (2019) de son côté propose une quatrième catégorie soit : l'asymétrie sportive qui est une adaptation de la participation de longue date d'un athlète à son sport (Maloney, 2019). Le concept d'asymétries intermembres compare la performance d'un membre par rapport à l'autre (Keeley, Plummer, & Oliver, 2011). Dans les études précédentes, l'asymétrie a été classifiée de multitude de manières incluant dominant vs non dominant, fort vs faible, droite vs gauche et blessé vs sain. Dans le sport, il est possible de diviser les compétences motrices en quatre groupes distincts : 1) unilatéral (ex : propulsion saut en longueur), 2) asymétrique bilatérale (ex : swing de golf), 3) symétrique bilatérale déphasée (ex : cyclisme), 4) symétrique bilatérale en phase (haltérophilie) (Guiard, 1987). Il existe également le terme de latéralité qui fait référence à la préférence d'utiliser un côté du corps pour compléter une tâche motrice (Maloney, 2019). Il est

important de différencier la latéralité (habileté) et la dominance force (développement de force selon une certaine tâche).

Dans la littérature, l'accent est souvent mis sur l'asymétrie et le risque de blessure. Impellizzeri et ses collègues (2007) ont observé une incidence de blessure de plus de 15% chez les athlètes et non-athlètes avec une asymétrie intermembre (Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti, & Marcora, 2007). La prédiction du risque de blessure avec des tests de mobilité fonctionnelle comme le FMS et YBT n'est pas concluante selon la revue de la littérature (Helme, Tee, Emmonds, & Low, 2021). Une recherche effectuée chez des athlètes de la NCAA a montré qu'une asymétrie de la mobilité fonctionnelle dans la direction antérieure du SEBT pouvait prédire le risque de blessure au genou ou cheville chez les athlètes (Stiffler et al., 2017). Les tests de force dynamique et force musculaire isolée ont également un résultat non concluant pour la prédiction de blessure (Helme et al., 2021).

Les asymétries motrices peuvent être fonctionnelles pour la performance et ne sont pas nécessairement associées à un risque accru de blessure (Ueberschär et al., 2019). Par exemple, le lanceur au baseball a une asymétrie au niveau de l'amplitude de mouvement au niveau de l'épaule, il y a une rotation externe accentuée du côté qu'il lance (Borsa et al., 2005). Cela lui permet d'optimiser sa performance dans son sport. Au hockey, il est possible de penser qu'une dominance sera remarquée au niveau du membre supérieur en fonction du côté dont le joueur tient son bâton. Une épaule plus basse ou même une légère rotation du tronc favorisant le côté dominant.

La plupart des activités effectuées pendant la performance sportive sont susceptibles d'augmenter certaines asymétries (Maloney, 2019). Le type d'activité pratiquée par un athlète, ainsi que son volume d'exposition au sport, est susceptible d'influencer l'ampleur de l'asymétrie. Hart et ses collègues ont comparé la morphologie musculo-squelettique du bas du corps d'athlète expérimenté (>3 ans ; $n = 28$) et moins expérimentés (<3 ans ; $n = 27$) joueurs de football australien (Hart et al., 2016). Les joueurs expérimentés présentaient des asymétries inter-membres significativement plus importantes dans des paramètres tels que la masse tibiale et la surface de section transversale que les joueurs non expérimentés. De tels résultats suggèrent que les asymétries sont une conséquence adaptative d'une participation sportive de longue date.

La performance sportive en lien avec l'asymétrie a été moins observée que l'incidence de blessure. Par contre, il y a tout de même des recherches dans différents sports et sur différent test physique. Une étude a rapporté que les asymétries de la force maximale lors d'un test de traction isométrique à mi-cuisse étaient corrélées négativement avec la hauteur de saut et la puissance maximale (Bailey, Sato, Alexander, Chiang, & Stone, 2013). Dans un autre, ils ont observé une association négative entre l'asymétrie et la performance au sprint de 10m chez des joueurs de soccer élite (homme, âgé 26 ± 2.9), mais ils n'ont trouvé aucun lien avec le sprint de 20m chez ses mêmes athlètes (Sannicandro, Piccinno, Rosa, & De Pascalis, 2011). Deux études ont examiné les asymétries pendant le crawl avant et leur association avec les performances de la natation,

dos Santos et ses collègues (2013) ont suggéré un effet négatif de l'asymétrie cinétique sur la performance sur une durée de 2 minutes, alors qu'une autre étude n'a pas rapporté un tel effet sur une durée de 30 secondes (dos Santos, Pereira, Papoti, Bento, & Rodacki, 2013; Morouço, Marinho, Fernandes, & Marques, 2015). L'asymétrie peut être un avantage ou désavantage de performance selon la tâche à effectuer dans son sport. Il devient donc important de faire une analyse biomécanique et physiologique du sport.

3.3 Exigences du sport : aspects techniques et physiologiques

Le hockey sur glace est un sport impliquant des efforts intermittents et de haute intensité qui requière une combinaison d'endurance aérobie, de puissance et d'endurance anaérobie afin d'optimiser ses performances (Montgomery, 1988). D'un point de vue physique, le hockey demande le développement de la force, la puissance, la vitesse et l'endurance musculaire (Cox et al., 1995). De plus, ce sport demande une excellente coordination inter-segmentaire du corps ainsi que l'apprentissage de plusieurs habiletés techniques (Stanula & Roczniok, 2014).

Lors d'une partie, un hockeyeur se retrouve normalement sur la patinoire pour un total de 15 à 20 minutes sur les 60 minutes de jeu d'une partie régulière (Montgomery, 1988). Toutefois, selon les positions, le temps de jeu peut varier ; il n'est pas rare pour un défenseur de jouer pendant plus de 30 minutes lors d'une même partie, augmentant ainsi grandement le ratio de temps de travail sur le temps de repos, ceci comparativement à un attaquant (Twist & Rhodes, 1993). Il est donc possible d'apercevoir des différences au niveau de la condition physique entre les hockeyeurs puisqu'ils n'ont pas tous le même

temps de jeu et le même type d'effort à fournir. Chaque présence sur la patinoire est normalement d'une durée entre 30 et 80 secondes et généralement séparée de périodes de repos, durant en moyenne de 4 à 5 minutes (Montgomery, 1988). Également, ces données peuvent être très variables, dépendants de quelques facteurs tels que la position du joueur, son rôle et le contexte du match. Les fréquences cardiaques maximales atteintes lors d'une présence sur la glace se situent normalement très près de la fréquence maximale de l'athlète, alors que la fréquence moyenne s'estime à 85% de la fréquence cardiaque maximale du joueur (Montgomery, 1988). Ces données expriment bien la nature des efforts fournis par l'athlète lors d'une présence sur la patinoire qui se caractérisent de courts intervalles d'efforts maximaux entrecoupés d'activités sous-maximales (Twist & Rhodes, 1993).

Le conditionnement physique nécessaire au joueur de hockey se base principalement sur cinq piliers : 1) la stabilité ; 2) l'agilité et la réactivité ; 3) la force et la puissance de l'ensemble du corps ; 4) la vitesse ; 5) la puissance et l'endurance anaérobie (Twist, 2007). En raison de la nature instable du hockey (surface, contact physique, nombreux déplacements), l'hockeyeur doit apprendre à positionner son corps de façon à l'avantager dans les tâches demandées telles que patiner, contrôler la rondelle, lancer, etc. Ce type de tâche implique donc un contrôle adéquat du centre de masse afin de toujours rester dans des positions les plus optimales. De plus, il est important pour les hockeyeurs de pouvoir maintenir un bon équilibre lors des différentes situations d'une partie comme pour les changements de direction brusques, les changements de vitesse et les contacts entre hockeyeurs (Twist, 2007). Cette exigence inhérente à ce contexte sportif

nous permet de bien considérer l'importance à accorder à une préparation adéquate de la musculature du tronc et de la proprioception pour les hockeyeurs de haut niveau.

Le hockey étant un sport principalement étiqueté comme un sport de puissance, il n'est pas difficile d'en conclure qu'un hockeyeur doit posséder une bonne force et une vitesse maximale afin de développer le plus de puissance possible. C'est cette puissance qui lui permettra d'être explosif et donc d'être plus efficace lors de ses accélérations soudaines et ses duels pour la rondelle. Toutefois, cette puissance ne lui sera pas très utile s'il ne possède pas la coordination et l'agilité nécessaires pour l'exploiter pleinement. En effet, les déplacements d'un joueur lors d'une présence sur la patinoire sont très rarement linéaires, ils impliquent de nombreux déplacements latéraux et tournants serrés (Twist, 2007). Il est nécessaire aussi de posséder la coordination visuomotrice et oculo-manuelle ainsi que les habiletés nécessaires à l'exécution de mouvements fins, tel que le maniement de la rondelle ; et ceci en toute circonstance, notamment sous la fatigue et le stress (Twist, 2007). Ceux-ci agissent en quelque sorte de prérequis, qui permettront en quelque sorte à un joueur d'accéder à plusieurs autres apprentissages plus spécifiques à ce sport comme l'atteinte de techniques de patin optimales, l'acquisition d'un lancer plus puissant et précis ainsi que l'apprentissage de tout le côté plus tactique du sport.

Le patinage avant au hockey est le patron moteur fondamental pour la plupart des tâches de patinage (Upjohn et al., 2008). Il y a cependant peu de recherches sur la biomécanique du coup de patin. Ceci s'explique par la complexité de réaliser des approches évaluatives valables sur le terrain, c'est-à-dire sur la glace. Cependant,

certaines recherches tirent des conclusions qui permettent de cerner des aspects importants du coup de patin. Bracko (2004) a fait une analyse de nature biomécanique chez 27 hockeyeurs de la LNH. Ils ont montré que les hockeyeurs glissaient sur les deux pieds pour 39% du temps (Bracko, 2004). De plus, selon leurs résultats, les hockeyeurs passent en moyenne 4,6% du temps en haute intensité de patinage et 10% du temps en intensité moyenne. Ajoutons que l'habileté à maintenir l'équilibre tout en plaçant son centre de gravité à l'extérieur de la base de support semble être un élément important pour la performance du coup de patin. L'hockeyeur passe 37,9% du temps en phase de croisement lorsqu'il patine (Bracko, 2004). Le croisement au hockey est semblable au patron de mouvement exigé pour le mouvement postéro médial du YBT-LQ.

Même si le patinage à haute intensité n'a pas été beaucoup utilisé, il n'en reste pas moins qu'il est un aspect important du hockey (Bracko, 2004). Les accélérations suivies par des moments de glisse permettent de prendre position sur un adversaire, prendre possession de la rondelle ou initier un contact. Marino et Weese (1979) ont identifié trois différentes phases au patinage soient : la phase de propulsion sur simple appui, propulsion sur double appui et la glisse sur simple appui (phase de retour) (Marino & Weese, 1979).

3.4 Relations entre les tests hors-glace et la performance sur glace

Une panoplie de tests physiques existe pour évaluer la condition physique. Ces tests peuvent inclure des tests de force, vitesse, puissance des membres inférieurs, tests cardiovasculaires, flexibilité et des tests de mobilité pour nommer que ceux-ci. Plusieurs études ont ciblé des tests physiques propres à chaque paramètre de la condition physique en préparation physique (Annexe D, Figure 1). À partir de cet éventail, il est possible de

cerner le paramètre de la condition physique que nous souhaitons évaluer. Lorsqu'un test est effectué, il est avant tout important de connaître ce que l'on cherche à évaluer et la pertinence du test. Ces recherches offrent donc des outils utiles au préparateur physique et au thérapeute. Au hockey, le lien entre la condition physique et la performance a également été mis en relation, par certains auteurs, avec un troisième facteur qui sont les tests de performance sur glace. Par exemple, la vitesse de sprint hors glace est considérée comme étant un prédicteur de la vitesse de patinage et de la performance sur glace selon les résultats de quelques études antérieures (Behm et al., 2005; Bracko & George, 2001; Farlinger, Kruisselbrink, & Fowles, 2007; Peyer, Pivarnik, Eisenmann, & Vorkapich, 2011). Mascaro et al. (1992) ont démontré que le saut vertical est la mesure qui prédit le mieux la vitesse de patinage (Mascaro, Seaver, & Swanson, 1992). Notons qu'il est également pertinent de faire des tests sur glace directement en lien avec la spécificité du sport. Il y a toute sorte de tests dépendamment de la qualité visée. Les tests de sprint sont les tests sur glace les plus fréquemment appliqués dans les recherches. Le sprint de 44,80 m est utilisé pour évaluer la vitesse maximale du patineur, ainsi que l'accélération du patineur en plaçant une photocellule à 6,1 m du départ (Janot, Beltz, & Dalleck, 2015). Hockey Canada a également développé six tests sur glace pour évaluer les différents aspects du joueur de hockey (Hockey Canada, 1999).

4. ARTICLE SCIENTIFIQUE

THE INFLUENCE OF JUNIOR ICE HOCKEY PLAYER FUNCTIONAL MOBILITY ON SKATING PERFORMANCE OVER A COMPETITIVE SEASON

AUTHORS

Raphael Boudreau, Jean Lemoyne et Philippe Fait

Informations à propos du manuscrit inséré

Ce mémoire est composé d'un manuscrit d'article rédigé en anglais

Auteur principal : Raphael Boudreau, candidat à la maîtrise (M.Sc.). Coauteurs : Jean Lemoyne, Ph.D. et Philippe Fait, Ph.D., CAT(C).

Le manuscrit représente le travail de l'auteur principal et ce, du début de la rédaction jusqu'à la fin du processus d'édition auquel les coauteurs ont participé.

Non publié, pour soumission ultérieure.

ABSTRACT

This research aimed to determine the association between Lower Quarter Y-balance Test (YBT-LQ) performance and ice skating performance in ice hockey players from the Quebec Major Junior Hockey League (QMJHL). This mobility test has been mainly used for injury prevention, and few studies have explored its link to ice hockey skating performance. A prospective research design was employed to examine changes in functional mobility over part of an ice-hockey season as well as the relationship between lower quarter mobility and skating performance. A total of 12 players from a QMJHL team underwent the YBT-LQ and on-ice testing (8m sprint, 44.8m sprint and weave agility test) before the start of the season and following the 27th team game. Contrary to the original hypothesis, no single reach direction was significantly correlated ($p < 0.05$) to on-ice skating performance. A high asymmetry in lower limb test results was linked, however, to slower skating performance times ($p < 0.05$). The hypothesis of decreasing mobility during the season also turned out negative, with players even showing a positive evolution in left posterolateral reach, possibly due to the wide variability between each player. This study's findings indicate that testing the symmetry of lower limb movement may relate to improved skating performance and that mobility will evolve differently for each player over the course of the season.

Key words:

Ice hockey, mobility assessment, fitness, on-ice testing, physical deconditioning

INTRODUCTION

Athletic performance is an important aspect of sport that is receiving increasing attention. Accordingly, a number of researches have been conducted to target the variables that determine an optimal level of ice hockey performance (Cox, Miles, Verde, & Rhodes, 1995; Rocznio et al., 2016; Twist & Rhodes, 1993). Those most frequently cited variables are cardiovascular systems (both aerobic and anaerobic), muscular strength and power, stability and flexibility in the lower limbs (Behm, Wahl, Button, Power, & Anderson, 2005; Montgomery, 1988; Schwesig et al., 2017). Despite the multitude of studies regarding the demands of ice hockey, few have examined the transferability of off-ice functional mobility to on-ice performance such as skating speed and agility. Functional mobility can be described as the ability to perform active movement around his environment (Smith & Plowman, 2007) in order to accomplish sport-specific tasks. A review of the literature reveals that most scientific publications pay scarce attention to the predictive validity of functional mobility on injury prevention, and there is actually little evidence of its possible link to on-ice performance. Furthermore, to our knowledge, there are no empirical data on its variability (e.g. decline or improvement) during physical deconditioning throughout the competition season. Traditionally in ice hockey, two key attributes are targeted in both off-ice and on-ice testing tested: 1) strength and 2) power (Norris & Olson, 2011). Despite its potential relationships with skating efficiency (Upjohn et al., 2008), mobility tests seem to be less commonly used in strength and conditioning approaches to players' preparation. Functional mobility, which is also a determinant of general physical health (Forhan & Gill, 2013), is often associated with

injury prevention and has rarely been analyzed as a performance factor in ice hockey players; thus, the assessment of mobility looks promising.

According to Keskitalo (2011), the concept of joint mobility is multidimensional: 1) structural, 2) performance-related and 3) coordination (Keskitalo, 2011). Structural factors refer to the anatomical differences observed between one person and another. For example, the angle of inclination at the neck of the femur limits or increases range of motion at the hip. Secondly, performance-related factors are the elements recognized to be the most important determinants of functional mobility (Alter, 1996). Thirdly, the coordination refers to the ability of the agonist, antagonist and synergist muscles to work in harmony (Keskitalo, 2011). On his side, Plisky et al. (2009) sub-divide performance and coordination factors into four categories that are assessed separately: 1) strength, 2) balance, 3) coordination and 4) flexibility. Since, the assessment of functional mobility seems to be relevant when strength and conditioning trainers aim to assess the physical attributes of hockey players. In this regard, one of the most frequently used methods to assess functional mobility is the Y Balance Test (YBT) (Neeld, 2018). The YBT-LQ evaluates functional mobility and stability in three different directions and has patterns similar to the skating stride and crossover. It assesses sport-specific asymmetries, since unilateral sport can often create inter-limb asymmetries, which are shown to be detrimental to sport performance (Maloney, 2019). It has already been established that in different sports, the amount of force displayed on the dominant side tends to be higher than the non-dominant side, which reduces subsequent potential adaptations on the dominant side. Conversely, the weaker limb may be more prone to adaptation (when

compared with the stronger one) and may demonstrate a better response to the stimulus (Maloney, 2019). In addition, tests that are used for different types of movement, which include the hop test (Brumitt et al., 2013), lower extremity functional tests (Brumitt et al., 2013) and the dynamic balance test (Plisky et al., 2006) that allows for asymmetry analysis, have been linked to athletes' musculoskeletal injuries. In fact, each sport has specific tasks that may produce asymmetries. Classic examples of limb asymmetries are the badminton right-handed player's forward-right lunge (Kuntze et al., 2010) and the baseball pitcher's throwing arm (van der Graaff et al., 2018). Past researches reveal associations between the asymmetrical nature of lateral dominant sports and pelvis skeletal asymmetry (Bussey, 2010). In ice hockey more specifically, asymmetry can be developed in two ways: from skill dominance (i.e., shooting side) (Maloney, 2019) or from the dominant leg, the one used to lead out in movement (Peters, 1975). Such patterns also demonstrated greater pelvic asymmetry in hockey players than in bilateral athletes (Bussey, 2010). However, current ice hockey literature offers no clear evidence about the effect of inter-limb asymmetries on athletic performance (Maloney, 2019).

Mobility and skating efficiency

To establish the role of functional mobility in off-ice fitness and on-ice performance, the biomechanics of the skating stride and the impact of functional mobility must first be addressed. Since skating is one of the main skills of elite ice hockey players (Montgomery, 1988), it is important to identify the criteria for a good skating stride. Upjohn et al. (2008) revealed significant lower limb kinematic differences between recreational and elite levels regarding length of stride, whereas the elite displayed longer (e.g. more efficient) strides.

Similar outcomes were also observed in favor of elite hockey players, regarding the segmental excursion, greater joint range of motion in the lower limbs and increased dorsiflexion of the supporting foot (Upjohn et al., 2008). Page (1975) also showed that the fastest skaters demonstrate more trunk flexion while slower skaters are straighter (Page, 1975). Consequently, less performing players during on-ice testing showed reduced levels of lower limb mobility (Upjohn et al., 2008), which may be seen in off-ice mobility testing protocols. More recently, Buckeridge et al. (2015) came to similar conclusions by determining that high performance skaters have greater hip amplitude and forefoot pressure (Buckeridge et al., 2015). Thus, it appears that assessment of functional mobility in an off-ice environment may help categorize skating efficiency and therefore discriminate excellent-performing skaters from those who are less effective.

Mobility and the deconditioning phenomenon

Another factor comes into play with respect to athletic performance in sport: physical deconditioning. Chhabra (2015) define deconditioning as adaptation to a less demanding environment or as reduced physiological adaptations to normal conditions (Chhabra, 2015). It can be explained by under or over stimulation, possibly resulting in overtraining syndrome (Green et al., 2012). Conversely, when the athlete stops training or trains less for a longer or shorter period of time, adaptations may manifest a diminution of physical capacities. This phenomenon, known as athlete deconditioning (Mujika & Padilla, 2000; Mujika & Padilla, 2000), is common and frequently reported by hockey players during a regular season (Delisle-Houde, 2017; Green et al., 2010). Since the demands of a major junior hockey season are considerable, which sharply reduces the time allocated to

training. From this perspective, a major junior ice hockey player in Canada may experience deconditioning due to the demands of a hockey season, the number of games played, the number of practices per week, the number of off-ice training sessions, travel time, on-ice playing time and the player's experience (QMJHL, 2019). Deconditioning occurs at the level of changes in body composition, lean mass versus fat mass, the number of muscle fibers in a given muscle and physical capacity (Green et al., 2010; Prokop, Reid, & Andersen, 2016). Physiological demands during a hockey season affect both body composition and performance (Cox et al., 1995; Green et al., 1976; Green, 1975; Prokop, Reid & Andersen, 2016). Since the body adapts to a stimulus, there's reason to suppose that a similar pattern may occur, to some degree, in functional mobility. Although this theory seems plausible, results are inconsistent concerning changes in functional mobility during the season. First, a study conducted on a women's field hockey team report no deconditioning effects when pre- and post-season results of the YBT were compared (Hoch et al., 2017). Interestingly, however, Avery et al. (2017) report that despite the absence of deconditioning on the total FMS score (early season versus late season), a reduced YBT performance was observed among youth (8-12 years old) ice hockey players (Avery et al., 2017). These results suggest that ice hockey players may show a decrease in mobility and stability consistent with a pattern that is similar to skating.

This study had two objectives: 1) to analyze the relationships between functional mobility and on-ice skating performance at the major junior level and evaluate how asymmetry affect skating performance, and 2) to analyze fluctuations in functional mobility, fatigue and on-ice performance that happens during a hockey season. Despite

the exploratory nature of this study, we based our hypotheses according to our review of the literature that indicates there should be a positive (or favorable) relationship between Y-balance test results and on-ice skating performance, with the most performing players on the YBT performing better on on-ice tests. As well, it was expected that the demands of the hockey season might negatively affect mobility (e.g., deconditioning), fatigue and performance, which would lead to fluctuating results during part of the season.

METHODS

Experimental approach

This study used a prospective research design to examine the relationships between lower limb mobility and on-ice skating performance. It also assessed the evolution of functional mobility over time. A 32-week major junior ice hockey season includes a high volume of 68 games, almost daily practice and training, and almost weekly travel (QMJHL, 2019). In general, players take part in an average of 3 on-ice sessions and 2 to 3 games each week, not to mention the time spent training. Hockey players were assessed at the rink a first-time during training/selection camp and a second time during the week following their team's 27th season game. The 27th game coincided with the start of league trading period. In consequence, the second assessment was conducted after the 27th game to ensure that no participants would be lost at trade deadline. Participants completed the YBT-LQ, which was analyzed using standardized protocols and video analysis. Three on-ice skating tests (described in the following section) were performed during the full protocol.

Subjects

Eighteen major junior hockey players were recruited from a Quebec Major Junior Hockey League (QMJHL) team for this research. Hockey players who completed both waves of assessment were retained for analyses. Of the players who did not complete the study ($n=6$), two were not available for testing, two were not eligible due to sickness and two players were no longer with the team at the time of second testing (trade to other organization). Inclusion criteria were as follows: The ice hockey player had to be 1) male, 2) 16 to 20 years old, 3) play at the major junior level, 4) have participated in at least 75% of their team activities (practices + games) during the research period, 5) have not been injured at the time of evaluations and 6) have not suffered a musculoskeletal injury that would prevent him from practicing his sport during the season. Final sample consists of twelve players (7 forwards, 5 defensemen), aged between 16 and 20 years old (17.92 ± 1.44 ; 16-20 years old) (Table 1). Information about injuries was discussed with the team's athletic therapist to ensure that all criteria were met. If not, the participant was removed from the research. Participation in this research was voluntary and those taking part could withdraw at any time. Participants were informed of the benefits and risks of the investigation prior to signing the consent form. The research was approved by the institution's research ethics board (CER-19-258-07.27).

Table 1. Descriptive and anthropometric data of participants

	Minimum	Maximum	Mean	SD
Age (y)	16.00	20.00	17.92	1.44
Weight (kg)	72.50	94.60	83.43	6.49
Height (cm)	175.00	193.00	183.75	5.61
Right leg length (cm)	89.00	102.00	95.25	3.89
Left leg length (cm)	89.00	102.00	95.17	4.04

Measures and instruments

Anthropometric measures

The players' anthropometric characteristics were assessed by measuring their height (cm) and weight (kg). For height, assessment was done to the nearest 0.1 cm, with participants barefoot against a wall. Weight (kg) was measured with the team's scale to the nearest 0.01 kg. Next, the players' dominant leg was assessed by asking them to indicate their kicking leg (van Melick et al., 2017). Afterwards, the players were placed in spine on a treatment table, barefoot, with their hips and knees flexed. Participants were then asked to lift their pelvis off the table and return it passively to its initial position (Plisky et al., 2009). The examiner then stretched the lower limbs passively into extension in order to balance the pelvis and make sure the legs were fully extended. The participant's right leg was measured in centimeters (cm) with a tape measure from the most inferior distal surface of the anterior superior iliac spine to the bottom edge of the medial malleolus (Beattie et al., 1990). The athletic therapist measured the participant's limb length to the nearest 0.5cm and explained the test procedure.

Perceived fatigue

We measured perceived fatigue with the Fatigue Assessment Scale (FAS) (Michielsen, De Vries & Van Heck, 2003). The FAS is a 10-item scale, based on a 5-point Likert scale (1= never; 5= always). The FAS has 4 items related to physical fatigue (e.g., *I feel exhausted, with lack of energy*) and 6 items associated to mental fatigue (e.g., *It is difficult for me to concentrate*). Players were asked to answer the questions by indicating how often they experience the suggested situations. We calculated the fatigue score was calculated by computing the mean score of the 10 items. The FAS has shown good reliability (De Vries, Michielsen & Van Heck, 2003) and good content validity in previous studies (De Vries, Michielsen & Van Heck, 2003; Michielsen, De Vries & Van Heck, 2003).

Functional mobility

We assessed players' functional mobility with the YBT-LQ, by measuring single leg stance movement patterns during 3 different planes of movement: anterior, posteromedial and posterolateral. Developed in 2012, the YBT, a simplified version of the Star Excursion Test (SEBT) (Hertel et al., 2006), assesses injury risks and dynamic balance; these tests provide a global overview of four attributes: mobility, strength, stability and coordination (Plisky et al., 2009). Thus, both protocols can identify a faulty motor pattern and asymmetries in athletes, all of which could diminish performance and increase vulnerability to different types of injuries. Past research also demonstrates the reliability of the YBT with good interrater test-retest scores (Shaffer et al., 2013). Prior to the test, players performed their usual pre-game warm up, then went to the first YBT-LQ station,

which was the practice or trial station. They performed six trials on each leg and in each of the three reach directions. After the trials were completed, they continued to the following station where we conducted tests. Before the test began, white marks (dots) were placed on the participants' lateral malleolus, lateral femur epicondyles and greater trochanters. Players were instructed to stand barefoot with the tested leg in the center of the platform. The most distal toe was aligned behind the red line to standardize foot placement. Players maintained single-leg stance and were instructed to reach with the free limb in the anterior direction for three trials, followed by three trials in the posteromedial direction and three trials in the posterolateral direction, always right to left before changing reach direction. Players were instructed to push the distance indicator with their foot as far as possible towards the direction being evaluated. The furthest distance reached by the foot was recorded on each trial. The researcher monitored the players during each trial to note any faulty movements: kicking the indicator, accelerating the indicator at the end of the reach, losing balance on the stance foot, reach foot touching ground or lifting the heel of the stance leg. The reach foot had to maintain a constant motion and contact with the distance indicator during the entire movement. Participants could not bear weight on the indicator or lose balance during the return phase.

Video analysis

During the YBT-LQ, each trial was video-recorded with two iPads Air 2 with 8-megapixel cameras. The iPads were located on each side of the YBT setup at a distance of 3.70 m, centered with the middle of the instrument and placed on a one-meter high tripod (lenses). These cameras could observe movement at the hip, knee and ankle of the

stance leg. Each YBT-LQ trial was recorded, but only the completed trials were analyzed with the Dartfish angle tool (Norris & Olson, 2011). Angles of the hip, knee and ankle were obtained for each reach direction.

On-ice performance

Three on-ice skills or attributes were assessed: 1) acceleration, 2) speed, and 3) skating agility, which were all taken with timing gates (Brower Timing System, TCI system, Draper). Before the on-ice testing protocol, players were allowed to complete a 6-7-minute skating warm-up. They were instructed to skate only on the outside of the faceoff dots since testing was on the inside. Prior to the test, players performed two accelerations (50%, 75% of their perceived maximum speed) on a 44.8m distance. They were given two trials for the sprint tests and one for the agility test; if a player lost an edge, fell or failed to follow directions, he could start over at the end of the trial session. The first test (8-meter sprint) was inspired by the 6.1m acceleration test (Bracko & George, 2001). A timing gate was placed at the start and at the 8 m mark to measure acceleration (Figure 1a). During the second test a timing gate was fixed at the start and end of the 44.80 m sprint (Figure 1b) to test for maximum speed (Bracko, 2001). Tests like these demonstrated a very high level of validity and reliability in previous studies (Buchheit et al., 2011) and are frequently used in ice hockey on-ice testing. To give an example, Hockey Canada's agility test is used in the on-ice testing protocol of the CHL's top prospects (CHL, 2020). Schwesig et al. (2017) showed that the agility test is a valid test for ice hockey players. The time was evaluated by having the athlete pass through the

timing gate to start the time and return at the end of the course to stop it. Results of the times were recorded to the millisecond.

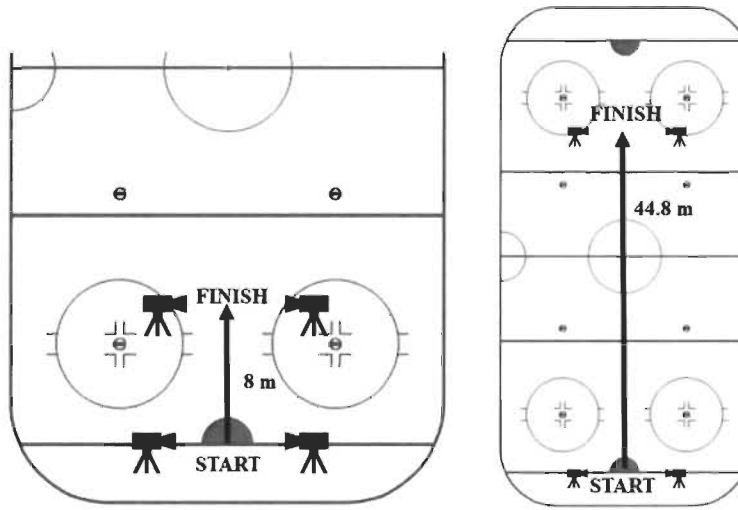


Figure 1. On-ice tests: 1A) the 8-meter sprint test, and 1B) the 44.8m sprint test.

Game settings performance indicators

Multiple indicators were used to evaluate players' performance in real game settings. The team statistician calculated players' ice time per game (expressed in minutes per game (min/g), the number of shifts per game, and average time per shift (min/g*shift⁻¹). The number of games played prior to the season was also recorded, including the number of seasons as a full-time player in the league (self-report) and number of games during the current season (self-report).

Statistical analyses

The player's anthropometric measures (see table 1), playing experience and volume of play (see table 2) and performance indicators, perceived fatigue, mobility and on-ice performance were summarized using descriptive statistics (mean \pm SD) (see table 3) and frequencies (%). We verified normality assumptions and computed means and standard deviations for all variables. In this regard, normality was assumed, with non-significant values for the Shapiro-Wilk (SW) tests for all variables (all $SW > 0.80$, $p > 0.50$). For the first objective, Pearson's correlations were calculated to test the hypothesis that suggests that higher mobility (Lower Quarter Y-Balance Test results) would be positively linked to different components of on-ice skating performance. The analysis was performed separately with each component of mobility (left and right composite score, individual relative reach distance and dominant leg reach asymmetries) regarding the different variables of on-ice performance testing (acceleration, speed and agility). To quantify the presence of dominant leg asymmetry (reaching leg), the normalized YBT-LQ score of the non-kicking leg (NKL) (stable leg) was subtracted from the kicking leg score (KL) (reaching leg). For the second part of objective, we conducted regression analyses to evaluate how dominant leg asymmetries determine skating performance during on-ice performance testing. For the second objective of the study, we conducted multiple paired sample T-Tests, in which we compared mean scores for mobility results, fatigue scores and performance tests. We calculated effect sizes (ES) with Cohen's d and interpret magnitude of each effect size as small ES ($d = 0.2$) moderate ES ($d = 0.5$) and large ($d = 0.8$). Individual analysis of each player evolution was performed for each reach direction

and for dominant leg asymmetries. All analyses were performed using SPSS (IBM SPSS Statistics Version 26) and the significance level for all tests was set at $p < 0.05$.

RESULTS

Table 2 shows participants' characteristics regarding their playing experience and volume of play. The sample consists of more forwards than defensemen, as is observed in most teams. The sample included mainly left-handed players (75 %), which partly explains the predominance of the dominant right leg.

Table 2. Players' descriptive data

	Players' position		Shooting side		Dominant leg	
	Defensemen	Forwards	Left	Right	Left	Right
Frequency	5	7	9	3	1	11
Percentage	42	58	75	25	8.3	91.7

As shown in table 3, perceived fatigue increased from pre-season (15.33 ± 1.97) to in-season (17.17 ± 2.13). This increase in fatigue can be linked to the 27 games the team played between both assessments, in which participants played an average of over 22 games. The average time on ice was of around 14 minutes per game, distributed in about 24 shifts per game, resulting in 36 seconds per shift (see Table 3).

Table 3. Players' experience, playing time and fatigue score

	Minimum	Maximum	Mean	SD
Years of experience QMHJL	0	4	1.42	1.31
Game played QMHJL	0	263	87.75	84.71
Game played 2019-2020	10	27	22.75	5.05
Total QMHJL number of games played (2019 included)	10	290	110.50	86.86
Time on ice per game (TOI : min:sec)	5:29	20:15	14:33	5:07
Shifts per game	9	34	24.42	8.05
Time on ice per shift (sec)	33	41	35.75	2.09
Fatigue score (Time 1)	11	18	15.33	1.97
Fatigue score (Time 2)	13	20	17.17*	2.13

SD: Standard deviation.

Table 3. Players' experience, playing time and fatigue score

Objective 1A: Associations between mobility and skating performance

For mobility and on-ice testing, no significant correlations were found between reach direction, composite scores or joint angle (ankle, knee and hip) and on-ice performance (8 m sprint, 44.8 m sprint and weave agility test). Moreover, no associations were found even when leg dominance, position and shooting side were considered. Similarly, non-significant patterns occurred when leg dominance, position and shooting side were examined. Significant correlations were, however, observed both times between dominant leg asymmetry and performance tests. As Table 4 (correlation matrix) illustrates, the dominant leg anterior reach asymmetry correlated positively with the 8m sprint watts ($r = .593$; $p = .042$) and 44.8 m sprint power output (watts) ($r = .662$; $p = .019$). Dominant leg posteromedial reach direction asymmetry was also significantly correlated with the 8m sprint ($r = .794$; $p = .020$) and the power output of the 8m sprint ($r = -.784$; $p = .300$)

at first testing. At second testing it correlated to the 44.8m sprint ($r = .663$; $p = .019$) and weave agility test ($r = .726$; $p = .008$) (see Table 4). In summary, asymmetry at time 1 appeared to be slightly associated with higher fatigue, while posteromedial asymmetry is associated with less acceleration speed and power on skating speed-acceleration. At time 2, posteromedial asymmetry is associated with less speed and less skating agility.

Table 4. Associations between dominant leg asymmetry and on-ice performance (Pearson correlation coefficients).

	Anterior reach asymmetry		Posteromedial reach asymmetry		Posterolateral reach asymmetry		Composite score asymmetry	
Performance	Trial 1	Trial 2	Trial 1	Trial 2	Trial 1	Trial 2	Trial 1	Trial 2
Fatigue	.573*	.073	-.321	-.243	-.470	-.332	-.284	-.354
8-meter sprint	-.257	-.303	.794**	.254	-.209	-.240	-.034	-.252
Watts 8m	.296	.593*	-.784**	-.050	.296	.396	.116	.562
Sprint 44.8m	.118	-.348	.142	.663**	.118	-.104	-.101	.037
Watts 44.8m	.217	.662*	-.155	-.418	.026	.284	.171	.319
Weave agility test	-.140	.119	.443	.726**	-.140	.184	-.022	.424

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Objective 1B: Asymmetry and skating performance (Regression analyses)

As Table 5 indicates, regression analyses show that dominant leg posteromedial asymmetry is significantly associated with the 8-meter sprint ($\beta = .40, p < .05$), whereas players with a higher level of asymmetry tend to perform less in the 8-m sprint. As a result, they had lower power output ($\beta = -.39, p = .05$) and performed less in the 44.8m sprint ($\beta = .77, p < .01$). Further analyses showed that a quadratic curve represented more precisely the associations between asymmetries and performance outcomes. However, these relationships were not significant at time 2. At time 2, none of these relationships were significant. Figure 2 shows the associations between asymmetries and acceleration, skating speed, power output and performance in the Weave agility test at both assessments (time 1 and time 2).

Table 5. Posteromedial reach asymmetry predictor on on-ice performance test variable

	Variable	B	Standardized B	R ²	<i>t</i>	<i>P</i>
Testing 1	8 m sprint	0.004	.404	.783*	2.520	.033*
	8 m Watts	-12.640	-.386	.754*	-2.262	.050*
	44.8 m Sprint	0.013	.773	.580**	3.464	.007**
	Weave agility	0.047	.491	.230	.624	.548
Testing 2	8 m sprint	0.000	-.039	.066	-.121	.906
	8 m Watts	6.275	.219	.049	.666	.522
	44.8 m sprint	-0.007	-.306	.531	-1.323	.218
	Weave agility	-0.006	-.218	.574	-.992	.347

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

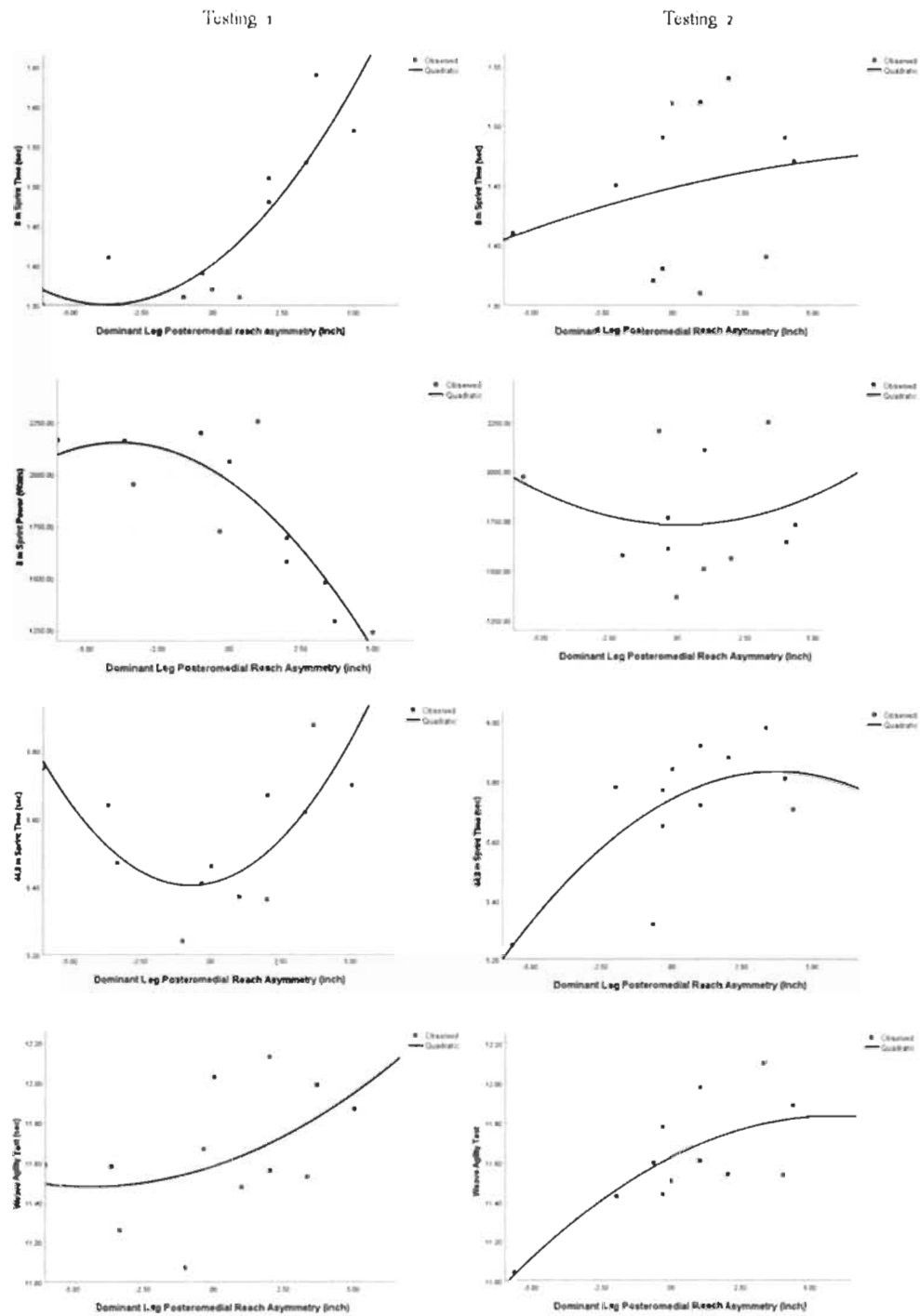


Figure 2. Quadratic regression of posteromedial reach asymmetry at both testing times with the dependent performance variable (8 m sprint, 8 m watts, 44.8 m sprint and weave agility test).

Objective 2: Fluctuations of functional mobility and skating performance during the season

Table 6 reports the results of YBT-LQ testing at both assessments. A non-significant increase in mean relative reach distance was observed for anterior, posterolateral reach and right posteromedial reach distances. The left posterolateral relative reach distance increase (4.25 ± 5.40) was found significant ($p = .020$) between the pre-season (117.73 ± 6.21) and in-season reach (121.98 ± 5.97).

Table 6. Difference in relative reach distance (%) for each direction (paired sample t-tests)

	Δ (T2-T1)	SD	SE-M	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>Cohen's d</i>
RAR-rd	0.733	2.536	.732	1.002	.338	0.29
LAR-rd	0.208	3.187	.920	.226	.825	0.07
RPLR-rd	1.808	4.397	1.269	1.425	.182	0.41
LPLR-rd	4.250	5.399	1.559	2.727	.020*	0.79
RPMR-rd	-1.033	4.213	1.216	-.850	.414	0.24
LPMR-rd	-1.892	4.154	1.199	-1.578	.143	0.46

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Δ (T2-t1): Mean difference; SD: Standard deviation; SE-M: Standard error of the mean.

RAR-rd: Right anterior relative reach distance; LAR-rd: Left anterior reach distance

RPLR-rd: Right post-lateral relative reach distance; LPLR-rd: Left post-lateral relative reach distance

RPMR-rd: Right post-medial relative reach distance; LPMR-rd: Left post-medial relative reach distance

Performance variable paired sample t-tests showed a significant increase in fatigue ($\Delta = 1.83 \pm 2.41$; $p = 0.023$; $d = 0.76$), an increase in time on the 44.8m sprint ($\Delta = 0.17 \pm .15$; $p = .002$; $d = 1.17$) and less power output (watts) during skating tests ($\Delta = -82.55 \pm 74.88$; $p = .003$; $d = 1.10$) that were developed during the same sprint (Table 7).

Table 7. Performance over time (Paired t-test)

	Δ (T2-T1)	SD	SE-M	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>Cohen's d</i>
Fatigue	1.833	2.406	0.695	2.640	.023*	0.76
8-meter sprint	0.006	0.064	.0186	0.314	.759	0.09
Watts 8m	-42.017	231.305	66.772	-0.629	.542	0.18
Sprint 44.8m	0.172	0.147	0.043	4.043	.002*	1.17
Watts 44.8m	-82.546	74.880	21.616	-3.819	.003*	1.10
Weave Agility Test	-0.0242	.319	.092	-.262	.798	0.08

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Δ (T2-t1): Mean difference; SD: Standard deviation; SE-M: Standard error of the mean.

As shown in Figure 3, fluctuation regarding mobility was specific to each player. For this variable, ten players (out of twelve) showed an increase in left posterolateral reach, and eight showed a similar increase on the right side. However, a large variability between the results for players' dominant leg asymmetries was observed when considered separately. These results may suggest a positive adaptation of the posterolateral reach direction due to the demands of the hockey season.

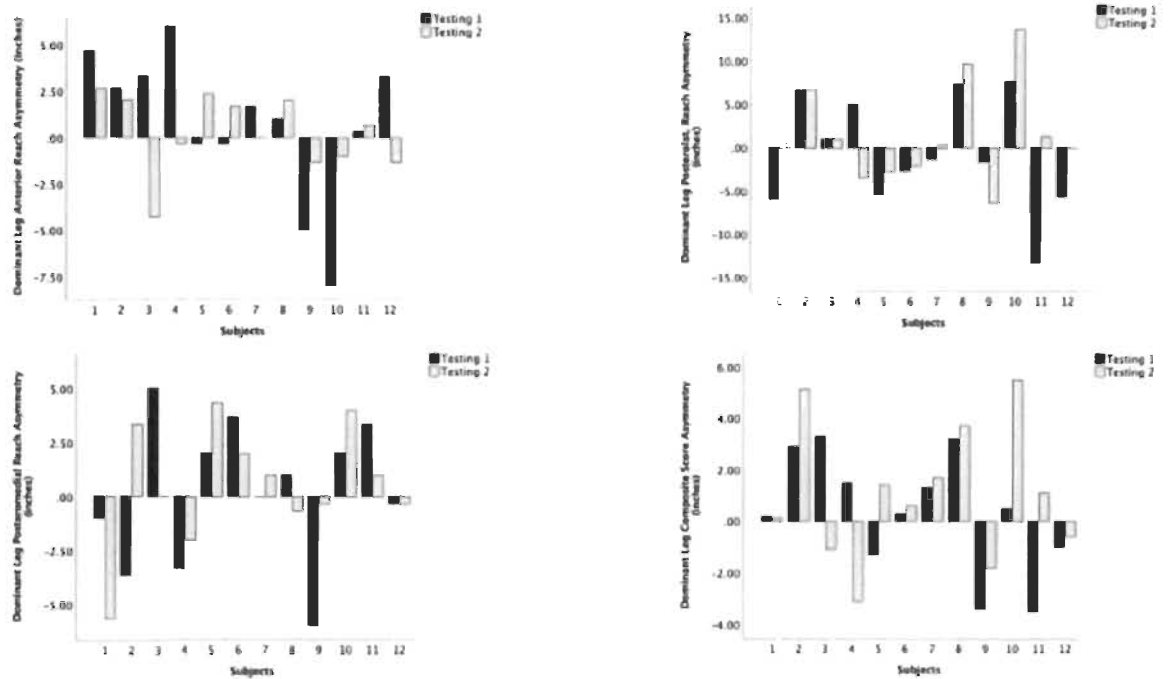


Figure 3. Players' dominant leg reach direction asymmetries

DISCUSSION

Understanding the relationship between lower limb functional mobility and skating performance is essential to gain a comprehensive understanding of the physical attributes that affect ice hockey performance. This investigation aimed to examine how functional mobility correlates with skating performance and its evolution during the first half of a hockey season at the major junior level. Contrary to our first hypothesis, the findings did not show direct associations between reach direction and skating performance. The results of this study nevertheless showed a significant association between dominant leg asymmetry and skating performance. It was also hypothesized that the functional

mobility, fatigue score and performance test would decrease (fatigue score increase) during the season, which was not completely showed with the sample size of this study.

A limited number of studies have investigated functional mobility as a determinant for skating performance. According to Bracko (2004), skating efficiency and speed depend heavily on joint angle and posture. The players' ability to have longer contact time with the ice comes from their mobility and strength through optimal ranges of motion. Greater contact with the ice means more power transfer is possible, which translates into faster skating if frequency is maintained. The results of each of the three-reach directions of the lower quarter Y-balance test showed no correlations with skating performance. No single unilateral reach direction had a direct effect on skating performance. As skating is a biphasic movement where both legs alternate from stance leg to swing leg, there must be symmetrical strength and mobility between the legs. Therefore, both legs are equally important in skating, which may explain the results of a single unilateral reach direction. When leg symmetry was analyzed in each reach direction, the results showed a positive correlation between dominant posteromedial leg asymmetry and skating performance tests. The posteromedial asymmetry correlated with the initial 8m sprint time and watts, final 44.8m sprint time and weave agility test time. Players with greater inter-limb asymmetry were slower on the performance test; a limb with less reach causes an asymmetry in contact time, which can also mean losing skating speed. According to Cook and al. (2014), such asymmetry can cause compensation when the athlete tries to balance himself, which may lead to musculoskeletal injury. One of the hip pathology risk factors observed by Stull et al. (2011) was skating motion (Stull, Philippon & LaPrade, 2011).

For hip pain itself, a strength imbalance across the pelvis and a lack in range of motion, were linked to the pain (Stull, Philippon & LaPrade, 2011). Another study by Grindstaff et al. (2017) points out that a deficit in hip abduction, flexion and external/internal rotation caused hip pain (Grindstaff, Dolan & Morton, 2017). They also determined that decreased adductor strength and a strength imbalance between the adductors and lower abdominals were risk factors (Grindstaff, Dolan & Morton, 2017). Although ankle and knee joint range of motion have previously been shown to influence skating performance (Buckeridge et al., 2015; Upjohn et al., 2008) the present research did not share this conclusion. The results did not show that the joint angle had any influence on skating performance. Players showed great variability in every joint angle. Comparatively to the previous research (Buckeridge et al., 2015; Upjohn et al., 2008), elite players were compared between themselves, which may suggest they have a similar but slightly different skating pattern. This variability could be due to limitation and compensation from the body. Each player has a different history, possibly leading to compensation that translates into a joint with greater mobility that allows for good skating but not an optimal skating technique.

Changes in cardiorespiratory fitness, muscular strength and physical performance over the course of a competitive season have already been described (Koutedakis, 1995); however, there is little research on changes in functional mobility. Contrary to the second hypothesis, functional mobility was not diminished during the hockey season. There was even a significant increase in the left posterolateral reach distance. In contrast to the current research, previous research on youth ice hockey players (age 8-11) shows a

significant decline in functional mobility using the YBT (Avery et al., 2017). Skating almost every day could provide stimulus enough for an increase in functional mobility. However, the players showed a significant increase in the fatigue assessment scale during the season, with a decrease in 44.8m sprint time and watts, which may also be caused by daily skating. Having an everyday mobility program that mimics the mobility demands of ice skating may help maintain the mobility level and reduce fatigue levels, since practice is more demanding than a mobility program in our experience. There is wide variability between the results of players' dominant leg asymmetries when examined separately (Figure 1). At the start of the season, each player had a different asymmetry, which evolved differently for each of them. It is therefore difficult to form a general conclusion for this population. Once again, the history of each player varies regarding the pre-season (injury, early sport specialization, training experience, etc.) and the in-season (injury, playing time, etc.), making each of them unique. For this reason, each player should be assessed separately and offered an individualized intervention based on his results.

Despite its contribution, this study has certain limitations. First, we had to compose with a limited sample size. This was mainly due because players could be injured or traded during the season, thus influencing sample size. Research with more teams included could allow for a larger sample size and clearer generalized conclusions. Secondly, a 68-game major junior hockey season involves a high volume of activities (travel, practice, gym and games), which limits an additional workload and limits, in turn, the number of tests that can be done. Further research is needed to understand if these data are supported in terms of larger cohorts, playing level and a full season. Finally, the

addition of one or two more testings sessions, one around the 50th game and one at the end of the season, could reveal different changes over the course of the season.

PRACTICAL APPLICATIONS

An improved understanding of the relationship between mobility and performance will help athletic therapists and strength and conditioning trainers to optimize athletic performance. Assessing the articular mobility of ice hockey players' lower limbs would therefore contribute to the players' further development and serve to optimize their performance. This optimization, via joint mobility, could increase the effectiveness of physical preparation programs for ice hockey players.

ACKNOWLEDGMENTS

There was no funding for this research. The authors thank the players who agreed to take part in the study as well as the training and medical staff of the QMJHL participating teams.

REFERENCES

1. Alter M. *Science of flexibility*. Human Kinetics 2nd édition, 1996.
2. Avery, M, Wattie, N, Holmes, M, Dogra, S. Seasonal Changes in Functional Fitness and Neurocognitive Assessments in Youth Ice Hockey Players. *J Strength Cond Res*, 32: 3143-3152, 2017.
3. Beattie, P, Isaacson, K, Riddle, DL, Rothstein, JM. Validity of derived measurements of leg-length differences obtained by use of a tape measure. *Phys Ther* 70: 150-157, 1990.
4. Behm, DG, Wahl, MJ, Button, DC, Power, KE, Anderson, KG. Relationship between hockey skating speed and selected performance measures. *J Strength Cond Res* 19: 326-331, 2005.
5. Bracko, MR. Biomechanics powers ice hockey performance. *Biomechanics*, 47-53, 2004.
6. Bracko, MR. On-ice performance characteristics of elite and non-elite women's ice hockey players. *J Strength Cond Res* 15: 42-47, 2001.
7. Bracko, MR, George, JD. Prediction of ice skating performance with off-ice testing in women's ice hockey players. *J Strength Cond Res* 15: 116-122, 2001.
8. Brumitt, J, Heiderscheit, BC, Manske, RC, Niemuth, PE, Rauh, MJ. Lower extremity functional tests and risk of injury in division iii collegiate athletes. *Int J Sports Phys Ther* 8: 216-227, 2013.

9. Buchheit, M, Lefebvre, B, Laursen, PB, Ahmaidi, S. Reliability, usefulness, and validity of the 30-15 Intermittent Ice Test in young elite ice hockey players. *J Strength Cond Res* 25: 1457-1464, 2011.
10. Buckeridge, E, LeVangie, MC, Stetter, B, Nigg, SR, Nigg, BM. An on-ice measurement approach to analyse the biomechanics of ice hockey skating. *PloS One* 10: e0127324, 2015.
11. Bussey, MD. Does the demand for asymmetric functional lower body postures in lateral sports relate to structural asymmetry of the pelvis? *J Sci Med Sport* 13: 360-364, 2010.
12. Chhabra HS. *ISCoS textbook on comprehensive management of spinal cord injuries*. Wolters Kluwer India Pvt Ltd, 2015.
13. Cook, G, Burton, L, Hoogenboom, BJ, Voight, M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *Int J Sports Phys Thera* 9, 2014.
14. Cox, MH, Miles, DS, Verde, TJ, Rhodes, EC. Applied physiology of ice hockey. *Sports Med* 19: 184-201, 1995.
15. De Vries, J, Michielsen, HJ, Van Heck, GL. Assessment of fatigue among working people: a comparison of six questionnaires. *Occup Environ Med* 60: 10-15, 2003.
16. Delisle-Houde, P. Seasonal Changes of Physical Fitness Attributes in Collegiate Ice Hockey Players, *Master Thesis, McGill University, Montreal*, 2017.

17. Forhan, M, Gill, SV. Obesity, functional mobility and quality of life. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 27: 129-137, 2013.
18. Green, H, Bishop, P, Houston, et al. Time-motion and physiological assessments of ice hockey performance. *J Appl Physiol* 40: 159-163, 1976.
19. Green, HJ, Batada, A, Cole, B, et al. Cellular responses in skeletal muscle to a season of ice hockey. *Appl Physiol Nutr Metab* 35: 657-670, 2010.
20. Green, HJ, Batada, A, Cole, B, et al. Muscle cellular properties in the ice hockey player: a model for investigating overtraining? *Can J Physiol Pharmacol* 90: 567-578, 2012.
21. Green, HJ, Houston, ME. Effect of a season of ice hockey on energy capacities and associated functions. *Med Sci Sports* 7: 299-303, 1975.
22. Grindstaff, TL, Dolan, N, Morton, SK. Ankle dorsiflexion range of motion influences Lateral Step Down Test scores in individuals with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport* 23: 75-81, 2017.
23. Hertel, J, Braham, RA, Hale, SA, Olmsted-Kramer, LC. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 36: 131-137, 2006.
24. Hoch, MC, Welsch, LA, Hartley, EM, Powden, CJ, Hoch, JM. Y-Balance Test Performance Following a Competitive Field Hockey Season: A Pretest-Posttest Study. *J Sport Rehabil* : 1-13, 2017.

25. Keskitalo, M. Junior ice player's mobility training –Tutorial guide about mobility exercises for junior players and their coaches. *Satakunta University of Applied Sciences*, 2011.
26. Koutedakis, Y. Seasonal variation in fitness parameters in competitive athletes. *Sports Med* 19: 373-392, 1995.
27. Kuntze, G, Mansfield, N, Sellers, W. A biomechanical analysis of common lunge tasks in badminton. *J Sports Sci* 28: 183-191, 2010.
28. CHL. Top Prospects perform in Sport Testing Combine. 2020. Available from: <https://kubotatopprospects.ca/article/top-prospects-perform-in-sport-testing-combine>
29. QMJHL. Schedule. 2019. Available from: <https://lhjmq.qc.ca/schedule/193>
30. Maloney, SJ. The relationship between asymmetry and athletic performance: A critical review. *J Strength Cond Res* 33: 2579-2593, 2019.
31. Michielsen, HJ, De Vries, J, Van Heck, GL. Psychometric qualities of a brief self-rated fatigue measure: The Fatigue Assessment Scale. *J Psychosom Res* 54: 345-352, 2003.
32. Montgomery, DL. Physiology of ice hockey. *Sports Med* 5: 99-126, 1988.
33. Mujika, I, Padilla, S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med* 30: 79-87, 2000.

34. Mujika, I, Padilla, S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II: Long term insufficient training stimulus. *Sports Med* 30: 145-154, 2000.
35. Neeld, K. Preparing for the Demands of Professional Hockey. *Strength Cond J* 40: 1-16, 2018.
36. Nightingale, SC, Miller, S, Turner, A. The usefulness and reliability of fitness testing protocols for ice hockey players: a literature review. *J Strength Cond Res* 27: 1742-1748, 2013.
37. Norris, BS, Olson, SL. Concurrent validity and reliability of two-dimensional video analysis of hip and knee joint motion during mechanical lifting. *Physiother Theor Pr* 27: 521-530, 2011.
38. Page, P. Biomechanics of forward skating in ice hockey. *Unpublished master's thesis, Dalhousie University*, 1975.
39. Peters, M. Footedness: asymmetries in foot preference and skill and neuropsychological assessment of foot movement. *Psychol Bull* 103: 179-192, 1988.
40. Plisky, PJ, Gorman, PP, Butler, RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther* 4: 92-99, 2009.
41. Plisky, PJ, Rauh, MJ, Kaminski, TW, Underwood, FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther* 36: 911-919, 2006.

42. Prokop, NW, Reid, RE, Andersen, RE. Seasonal Changes in Whole Body and Regional Body Composition Profiles of Elite Collegiate Ice-Hockey Players. *J Strength Cond Res* 30: 684-692, 2016.
43. Rocznik, R, Stanula, A, Maszczyk, A, et al. Physiological, physical and on-ice performance criteria for selection of elite ice hockey teams. *Biol Sport* 33: 43-48, 2016.
44. Schwesig, R, Hermassi, S, Edelmann, S, et al. Relationship between ice hockey-specific complex test and maximal strength, aerobic capacity and postural regulation in professional players. *J Sport Med Phys Fit* 57: 1415-1423, 2017.
45. Shaffer, SW, Teyhen, DS, Lorensen, CL, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Mil Med* 178: 1264-1270, 2013.
46. Smith, DL, Plowman, SA. Understanding muscle contraction. In: *Sports-Specific Rehabilitation*. R. Donatelli, ed. Missouri, St. Louis: *Churchill Livingstone Elsevier*, 2007. pp.15-38.
47. Stull, JD, Philippon, MJ, LaPrade, RF. "At-risk" positioning and hip biomechanics of the Peewee ice hockey sprint start. *Am J Sports Med* 39: 29-35, 2011.
47. Taylor, C, Lynn, P, Bartlett, J. *Fundamentals of Nursing: The Art and Science of Person-Centered Care*. Lippincott Williams & Wilkins, 2018.
48. Twist, P, Rhodes, T. Exercise Physiology: The Bioenergetic and Physiological Demands of Ice Hockey. *Strength Cond J* 15 68-70, 1993.

49. Upjohn, T, Turcotte, R, Pearsall, DJ, Loh, J. Three-dimensional kinematics of the lower limbs during forward ice hockey skating. *Sports biomech* 7: 206-221, 2008.
50. van der Graaff, E, Kom, B, van Dis, F, et al. Asymmetry and evolution over a one-year period of the upward rotation of the scapula in youth baseball pitchers. *Int Biomech* 5: 57-62, 2018.
51. van Melick, N, Meddeler, BM, Hoogeboom, TJ, Nijhuis-van der Sanden, MW, van Cingel, RE. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PloS One* 12: e0189876, 2017.

5. DISCUSSION

Le présent projet de recherche a permis de mieux comprendre la relation entre la mobilité fonctionnelle du membre inférieur et les performances de patinage, ce qui aide à approfondir les facteurs physiques qui affectent les performances des hockeyeurs. Ce projet permet également de mieux orienter les perceptives d'application pratique des résultats en découlant, notamment au sujet de l'importance de la mobilité fonctionnelle pour les intervenants thérapeutes ou préparateurs physiques.

5.1. Synthèse des résultats

L'objectif de cette recherche était d'examiner les relations entre la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs et les performances de patinage ainsi que son évolution au cours d'une saison de hockey chez les hockeyeurs de niveau junior majeur. Notre première hypothèse a été formulée en fonction de la direction de la portée. Cependant, notre constat n'a pas trouvé d'association directe entre la direction de la portée et la performance de patinage. Toutefois, nos résultats suggèrent un lien notable entre l'asymétrie au niveau du membre inférieur et la performance de patinage. En second lieu, nous avons émis l'hypothèse que la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs et la performance aux tests sur glace diminueraient au cours de la saison, ce qui ne s'est pas totalement produit. Les résultats obtenus montrent bien que le patinage est un mouvement biphasique où les deux jambes sont aussi importantes l'une que l'autre pour le patinage. Les jambes alternent entre la position de la jambe d'appui et la position de la jambe de balancement, il doit donc y avoir une symétrie dans la force et la mobilité entre les jambes. La capacité des hockeyeurs à avoir un temps de contact plus long avec la glace provient

de sa mobilité fonctionnelle. Plus le contact avec la glace est important, plus le transfert de puissance est possible, ce qui se traduit par un patinage plus rapide, si la fréquence est maintenue. Du point de vue pratique, il est donc primordial d'avoir des hockeyeurs avec une mobilité symétrique du membre inférieur, d'avoir une bonne force et équilibre musculairement. Pour développer cette symétrie musculaire, il semblerait que les entraînements unilatéraux puissent être préférés aux interventions bilatérales si l'on cherche à réduire l'asymétrie (Gonzalo-Skok et al., 2017; Sannicandro, Cofano, Rosa, & Piccinno, 2014). La mobilité fonctionnelle pourrait être améliorée grâce à des entraînements de gainage abdominal (Bagherian, Ghasempoor, Rahn timer, & Wikstrom, 2019). La mobilité a également montré des signes d'amélioration au YBT chez des joueuses de basketball suite à des entraînements neuromusculaires (Benis, Bonato, & La Torre, 2016).

5.2. Technique de patinage et mobilité

Du côté de la biomécanique du coup de patin, il est bien documenté que les patineurs élit es démontrent des qualités biomécaniques précises sur la glace (Buckeridge et al., 2015; Page, 1975; Upjohn et al., 2008). Selon Bracko (2004), l'efficacité et la vitesse du patinage dépendent fortement de l'angle et de la posture des articulations (Bracko, 2004). Cependant, les résultats obtenus lors de ce projet ne sont pas en accord avec ceux-ci. Contrairement aux recherches précédentes (Buckeridge et al., 2015; Upjohn et al., 2008), nos hockeyeurs d'élite ont été comparés entre eux, ce qui peut suggérer que les hockeyeurs d'élite ont tous un schéma de patinage similaire, mais légèrement différent. Ces différences peuvent être dues à une limitation articulaire/fonctionnelle et/ou à une

compensation du corps. L'historique du joueur permet également de comprendre la variabilité entre les techniques (amplitudes de mouvement et mobilité), car elle peut conduire à une compensation qui elle à son tour peut se traduire par une articulation plus mobile qui permet de bien patiner, mais ne permet pas une technique optimale. La technique optimale inclut l'efficacité de celle-ci. Un patineur efficace va produire un effort moindre pour une même tâche, ce qui peut lui permettre de garder un niveau d'intensité plus longtemps. Lamoureux et al. (2018) ont montré que les patineurs économes étaient plus résistants à la fatigue lors d'un test de sprint répété (Lamoureux, Tomkinson, Peterson, & Fitzgerald, 2018).

L'inclusion de paramètre de force des membres inférieurs pourrait être intéressant à analyser en même temps que ceux de la mobilité pour voir l'effet que c'est deux paramètres aurait eu ensemble sur la performance au test sur glace. Un hockeyeur peut avoir une moins bonne mobilité fonctionnelle, mais avoir une plus grande force physique ce qui lui permet d'être aussi rapide que les autres hockeyeurs élités. Suite à cette constatation, une question se pose : devrions-nous chercher à corriger la technique de patinage des athlètes de niveau élite? Par exemple, il est possible que cet athlète ait adopté une position légèrement moins fléchie, son anatomie favorisant naturellement cette position.

5.3 Asymétrie au hockey

Les résultats de notre recherche démontrent qu'il existe bien de l'asymétrie au niveau du membre inférieur chez les hockeyeurs d'âge junior. Cette asymétrie semble être un désavantage lorsque nous parlons de performance aux tests sur glace. Par contre, il

pourrait bien exister des avantages à une asymétrie au hockey. Lorsque nous analysons la demande du sport, il est possible d'observer une dominance de côté au niveau du membre supérieur. La rotation thoracique pour effectuer un lancer, le positionnement des mains et des coudes pourrait avantager dans certaines tâches au hockey. À notre connaissance, il n'y a aucune étude sur l'asymétrie posturale du joueur de hockey. Nous pensons souvent au membre inférieur lorsque nous parlons du hockey, mais la dissociation entre le haut et le bas est aussi très importante. La symétrie du membre inférieur est cherchée, mais cela n'empêche pas le membre supérieur d'avoir une asymétrie fonctionnelle pour son sport. De plus amples études pourraient être faites en regard à la symétrie et asymétrie pour identifier la dissociation entre le membre inférieur et supérieur. Est-ce qu'un joueur de hockey pourrait être optimal avec une symétrie du membre inférieur et une asymétrie du membre supérieur ?

5.4. Pertinence de l'évaluation de la mobilité en contexte de performance

L'évaluation personnalisée des athlètes est donc importante, car l'optimisation de la performance de l'athlète passe par la connaissance de son anatomie et de sa physiologie. Chaque hockeyeur a un historique différent (blessure, spécialisation sportive hâtive, expérience d'entraînement, etc.) avant et pendant la saison (blessure, temps de jeu, etc.), ce qui rend chaque athlète unique. Il est donc difficile d'établir une conclusion générale pour cette population. Par conséquent, chaque athlète doit être évalué séparément et faire l'objet d'une intervention personnelle en fonction de ses résultats et de ses capacités. Du point de vue du recruteur ou entraîneur, l'évaluation physique peut donner des informations au-delà de la sphère physique. Un joueur qui a d'excellentes aptitudes

physiques, mais qui ne semble pas être un bon hockeyeur pourrait signifier que son quotient intellectuel (QI) hockey est inférieur à la moyenne. L'évaluation du QI hockey est difficilement réalisable pour le moment, mais dans le futur cela pour aller de pair avec l'évaluation physique.

Des changements dans la forme cardio-respiratoire, la force musculaire et les performances physiques au cours d'une saison de compétition ont déjà été décrits (Green et al., 2012) ; cependant, peu d'études ont examiné les changements dans la qualité du mouvement. Dans le monde du hockey, il est fréquent de voir des tests physiques en début de saison pour voir qu'elles sont les hockeyeurs qui se sont entraînés fort durant l'entre saisons. Par contre, fréquemment il n'y a pas de suivi effectué puisque la saison est déjà bien chargée. Le suivi de la condition physique permet de données de l'information supplémentaire à l'athlète sur son développement autre que les paramètres sur glace (points, but, passe, temps de jeu, etc) et permet de confirmer l'intervention prise avec le joueur ou de la corriger si elle n'a pas donné les résultats souhaités. Avoir une rétroaction pour les thérapeutes ou préparateurs physiques est important pour améliorer leur pratique.

Une grande variabilité a été constatée lors de l'analyse cas par cas de la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs de chacun des participants au début, à l'évaluation finale et au niveau de l'évolution. Il est important de faire un suivi des athlètes pour voir où ils en sont rendus avec leurs aptitudes physiques, car comme il a été démontré chaque athlète évolue différemment. Il y a eu du changement sur une demi-saison, alors il est possible de penser qu'il pourrait y avoir davantage d'amélioration ou détérioration de la

condition physique en fin de saison où les facteurs du hockey ont pleinement affecté les hockeyeurs.

5.4. Limites de l'étude, perspectives futures

Le présent projet de recherche comporte des limites. Premièrement la petite taille de l'échantillon était la principale limite pour cette recherche. Le fait que les hockeyeurs puissent être échangés ou blessés pendant la saison peut influencer la taille de l'échantillon. La réalité d'une saison de hockey junior qui compte 68 parties, avec un volume d'activités élevé (déplacements, entraînement, gymnastique et jeux), limite la charge de travail supplémentaire, ce qui a limité le nombre de tests que nous pouvons effectuer sur la glace. Notre sprint de 8 mètres était censé être un sprint de 6,1 mètres mais les portes de chronométrage ne s'arrêtaient pas et nous avons donc décidé d'en faire un sur une distance de 8 mètres. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre si ces données sont prises en compte avec des cohortes plus importantes, au niveau de jeu et sur toute une saison. Une conception prospective a été mise en œuvre dans cette étude qui a permis de faire deux tests. Cependant, l'ajout de deux autres tests, l'un autour de la 50e partie et l'autre à la fin de la saison, pourrait montrer différents changements au cours de la saison.

6. CONCLUSION

Les connaissances acquises lors de cette maîtrise devraient permettre l'avancement de la préparation physique des hockeyeurs d'âge junior, la recherche sur le hockey au sens large et les paramètres influençant la mobilité athlétique. Il nous a été possible de démontrer que le joueur de hockey est un tout, et que plusieurs aspects de sa condition physique sont requis pour exceller. La mobilité fonctionnelle a été démontrée comme faisant partie des attributs nécessaires du joueur de hockey. Un hockeyeur se doit d'être équilibré au point de vue de ses aptitudes physiques, mais également avoir une symétrie gauche droite du corps. Les thérapeutes, préparateurs physiques, entraîneurs et tout intervenant du hockey peuvent tirer des conclusions pratiques des résultats de ce projet. À la lumière de nos résultats, il serait préférable que les hockeyeurs doivent être évalués et avoir un suivi durant la saison pour leur permettre de maximiser leur développement, car ils évoluent tous différemment, en s'améliorant ou régressant. Ces évaluations pourront parfaire l'encadrement des athlètes afin d'optimiser leur performance sur glace.

Toutefois, il reste encore énormément de recherche à faire dans le domaine. C'est pourquoi il est important que d'autres recherches poursuivent dans la même veine. L'évolution de la technologie va faciliter les recherches sur le hockey dans des sphères peu ou pas analysées auparavant.

7. RÉFÉRENCES

- Allisse, M., Sercia, P., Comtois, A. S., & Leone, M. (2017). Morphological, physiological and skating performance profiles of male age-group elite ice hockey players. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 87-97. doi:10.1515/hukin-2017-0085
- Alter, M. (1996). Science of flexibility, 2nd edition. Champaign, IL: Human kinetics.
- Avery, M., Wattie, N., Holmes, M., & Dogra, S. (2017). Seasonal changes in functional fitness and neurocognitive assessments in youth ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 3143-3152. doi:10.1519/JSC.00000000000002399
- Bagherian, S., Ghasempoor, K., Rahn timer, N., & Wikstrom, E. A. (2019). The effect of core stability training on functional movement patterns in college athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(5), 444-449. doi:10.1123/jsr.2017-0107
- Bailey, C., Sato, K., Alexander, R., Chiang, C.-Y., & Stone, M. H. (2013). Isometric force production symmetry and jumping performance in collegiate athletes. *Journal of Trainology*, 2(1), 1-5.
- Behm, D. G., Wahl, M. J., Button, D. C., Power, K. E., & Anderson, K. G. (2005). Relationship between hockey skating speed and selected performance measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 326-331. doi:10.1519/R-14043.1

- Benis, R., Bonato, M., & La Torre, A. (2016). Elite female basketball players' body-weight neuromuscular training and performance on the Y-Balance Test. *Journal of Athletic Training*, 51(9), 688-695. doi:10.4085/1062-6050-51.12.03
- Bond, C. W., Dorman, J. C., Odney, T. O., Roggenbuck, S. J., Young, S. W., & Munce, T. A. (2019). Evaluation of the Functional Movement Screen and a novel basketball mobility test as an injury prediction tool for collegiate basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6), 1586-1600. doi:10.1519/JSC.0000000000001944
- Borsa, P. A., Wilk, K. E., Jacobson, J. A., Scibek, J. S., Dover, G. C., Reinold, M. M., & Andrews, J. R. (2005). Correlation of range of motion and glenohumeral translation in professional baseball pitchers. *The American journal of sports medicine*, 33(9), 1392-1399.
- Bracko, M. (2004). Biomechanics powers ice hockey performance. *Biomechanics*, 47-53.
- Bracko, M. R., & George, J. D. (2001). Prediction of ice-skating performance with off-ice testing in women's ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 116-122.
- Buckeridge, E., LeVangie, M. C., Stetter, B., Nigg, S. R., & Nigg, B. M. (2015). An on-ice measurement approach to analyse the biomechanics of ice hockey skating. *PLoS One*, 10(5), e0127324. doi:10.1371/journal.pone.0127324
- Bullock, G., Schmitt, A., Chasse, P., Little, B., Diehl, L. H., & Butler, R. J. (2018). The relationship between trunk rotation, upper quarter dynamic stability, and pitch

velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 261-266.
doi:10.1519/JSC.0000000000001772

Chalmers, S., Fuller, J. T., Debenedictis, T. A., Townsley, S., Lynagh, M., Gleeson, C., .
. . Magarey, M. (2017). Asymmetry during preseason Functional Movement
Screen testing is associated with injury during a junior Australian football season.
Journal of science and medicine in sport, 30(7), 653-657.
doi:10.1016/j.jsams.2016.12.076

Chhabra, H. S. (2015). *ISCoS textbook on comprehensive management of spinal cord
injuries*. New Delhi, India: Wolters Kluwer.

Cook, G. (2002). Weak links: screening an athlete's movement patterns for weak links
can boost your rehab and training effects. *Train Cond*, 12, 29-37.

Cox, M. H., Miles, D. S., Verde, T. J., & Rhodes, E. C. (1995). Applied physiology of ice
hockey. *Sports Medicine*, 19(3), 184-201.

Delisle-Houde, P. (2017). Seasonal changes of physical fitness attributes in collegiate ice
hockey players *Doctoral dissertation, McGill University, Montreal*.

Dossa, K., Cashman, G., Howitt, S., West, B., & Murray, N. (2014). Can injury in major
junior hockey players be predicted by a pre-season functional movement screen -
a prospective cohort study. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*,
58(4), 421-427.

- Dos Santos, K. B., Pereira, G., Papoti, M., Bento, P. C., & Rodacki, A. (2013). Propulsive force asymmetry during tethered-swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 606-611. doi:10.1055/s-0032-1327575
- Duke, S. R., Martin, S. E., & Gaul, C. A. (2017). Preseason Functional Movement Screen predicts risk of time-loss injury in experienced male rugby union athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(10), 2740-2747. doi: 10.1519/JSC.0000000000001838
- Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., Fernandez, I. P., Carrasco, E. G., Bates, N., Farrell, A., . . . Kang, J. (2014). Feasibility and reliability of dynamic postural control measures in children in first through fifth grades. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(2), 140-148.
- Farlinger, C. M., Kruisselbrink, L. D., & Fowles, J. R. (2007). Relationships to skating performance in competitive hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 915-922. doi:10.1519/R-19155.1
- Gleim, G. W., & McHugh, M. P. (1997). Flexibility and its effects on sports injury and performance. *Sports Medicine*, 24(5), 289-299. doi:10.2165/00007256-199724050-00001
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajus, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Single-leg power output and between-limbs imbalances in team-sport players: unilateral versus bilateral combined resistance

- training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 106-114. doi:10.1123/ijsp.2015-0743
- Green, H., Bishop, P., Houston, M., McKillop, R., Norman, R., & Stothart, P. (1976). Time-motion and physiological assessments of ice hockey performance. *Journal of Applied Physiology*, 40(2), 159-163. doi:10.1152/jappl.1976.40.2.159
- Green, H. J., Batada, A., Cole, B., Burnett, M. E., Kollias, H., McKay, S., . . . Tupling, S. (2010). Cellular responses in skeletal muscle to a season of ice hockey. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 35(5), 657-670. doi:10.1139/H10-060
- Green, H. J., Batada, A., Cole, B., Burnett, M. E., Kollias, H., McKay, S., . . . Tupling, S. (2012). Muscle cellular properties in the ice hockey player: a model for investigating overtraining? *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 90(5), 567-578. doi:10.1139/y2012-017
- Green, H. J., & Houston, M. E. (1975). Effect of a season of ice hockey on energy capacities and associated functions. *Journal of Medicine and science in sports*, 7(4), 299-303.
- Guiard, Y. (1987). Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model. *Journal of motor behavior*, 19(4), 486-517.
- Halsen, S. L., & Jeukendrup, A. E. (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Medicine*, 34(14), 967-981.

- Hart, N. H., Nimphius, S., Weber, J., Spiteri, T., Rantalainen, T., Dobbin, M., & Newton, R. U. (2016). Musculoskeletal asymmetry in football athletes: a product of limb function over time. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(7), 1379-1387. doi: 10.1249/MSS.0000000000000897
- Helme, M., Tee, J., Emmonds, S., & Low, C. (2021). Does lower-limb asymmetry increase injury risk in sport? A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 8(49), 204-213. doi: 10.1016/j.ptsp.2021.03.001
- Hoch, M. C., Welsch, L. A., Hartley, E. M., Powden, C. J., & Hoch, J. M. (2017). Y-Balance Test performance following a competitive field hockey season: a pretest-posttest study. *Journal of sport rehabilitation*, 26(5), 1-13. doi:10.1123/jsr.2017-0004
- Hockey Canada. (1999). National Skills Standards & Testing Program Handbook. Repéré sur le site de Hockey Canada: https://cdn.hockeycanada.ca/hockey-canada/Hockey-Programs/Players/Skills-Testing/Downloads/nsst_handbook_e.pdf
- Hockey Canada. (2020). Hockey Canada Annual Report July2019- June 2020. Repéré sur le site de Hockey Canada: <https://cdn.agilitycms.com/hockey-canada/Corporate/About/Downloads/2019-20-hockey-canada-annual-report-e.pdf>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine*

and Science in Sports and Exercise, 39(11), 2044-2050. doi:
10.1249/mss.0b013e31814fb55c

Janot, J. M., Beltz, N. M., & Dalleck, L. D. (2015). Multiple off-ice performance variables predict on-ice skating performance in male and female division III ice hockey players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(3), 522-529.

Kang, M. H., Kim, G. M., Kwon, O. Y., Weon, J. H., Oh, J. S., & An, D. H. (2015). Relationship between the kinematics of the trunk and lower extremity and performance on the Y-Balance Test. *PM & R: The Journal of Injury, Function and Rehabilitation*, 7(11), 1152-1158. doi:10.1016/j.pmrj.2015.05.004

Keeley, D. W., Plummer, H. A., & Oliver, G. D. (2011). Predicting asymmetrical lower extremity strength deficits in college-aged men and women using common horizontal and vertical power field tests: A possible screening mechanism. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1632-1637. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181ddf690

Keskitalo, M. (2011). *Junior ice hockey player's mobility training –Tutorial guide about mobility exercises for junior players and their coaches* (Master's Thesis). Satakunta University of Applied Sciences. Finland

Krause, D. A., Smith, A. M., Holmes, L. C., Klebe, C. R., Lee, J. B., Lundquist, K. M., . . . Hollman, J. H. (2012). Relationship of off-ice and on-ice performance measures in high school male hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5), 1423-1430. doi:10.1519/JSC.0b013e318251072d

- Lamoureux, N. R., Tomkinson, G. R., Peterson, B. J., & Fitzgerald, J. S. (2018). Relationship between skating economy and performance during a repeated-shift test in elite and subelite ice hockey players. *Journal of Strength Conditioning Research*, 32(4), 1109-1113. doi:10.1519/JSC.0000000000002418
- Laurent, C. M., Fullenkamp, A. M., Morgan, A. L., & Fischer, D. A. (2014). Power, fatigue, and recovery changes in national collegiate athletic association division I hockey players across a competitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3338-3345. doi:10.1519/JSC.0000000000000554
- Maloney, S. J. (2019). The relationship between asymmetry and athletic performance: A critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2579-2593. doi: 10.1519/JSC.0000000000002608
- Marino, G., & Weese, R. (1979). A kinematic analysis of the ice-skating stride. *Science in Skiing, Skating and Hockey*, 65- 74.
- Mascaro, T., Seaver, B. L., & Swanson, L. (1992). Prediction of skating speed with off-ice testing in professional hockey players. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 15(2), 92-98. doi:10.2519/jospt.1992.15.2.92
- Minick, K. I., Kiesel, K. B., Burton, L., Taylor, A., Plisky, P., & Butler, R. J. (2010). Interrater reliability of the functional movement screen. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 479-486. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c09c04

- Moataz, E., Shihab, A., Craig, T., & Loren, L. (2012). Evaluation of the performance of digital video analysis of human motion: Dartfish Tracking System. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3(3), 1-6.
- Montgomery, D. L. (1988). Physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 5(2), 99-126. doi:10.2165/00007256-198805020-00003
- Moran, R. W., Schneiders, A. G., Mason, J., & Sullivan, S. J. (2017). Do Functional Movement Screen (FMS) composite scores predict subsequent injury? A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1661-1669. doi:10.1136/bjsports-2016-096938
- Morouço, P. G., Marinho, D. A., Fernandes, R. J., & Marques, M. C. (2015). Quantification of upper limb kinetic asymmetries in front crawl swimming. *Human movement science*, 40, 185-192.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Medicine*, 30(2), 79-87. doi:10.2165/00007256-200030020-00002
- Nightingale, S. C., Miller, S., & Turner, A. (2013). The usefulness and reliability of fitness testing protocols for ice hockey players: a literature review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1742-1748. doi:10.1519/JSC.0b013e3182736948
- Page, P. (1975). *Biomechanics of forward skating in ice hockey*. Unpublished master's thesis, Dalhousie University, Nova Scotia, Canada

- Peyer, K. L., Pivarnik, J. M., Eisenmann, J. C., & Vorkapich, M. (2011). Physiological characteristics of National Collegiate Athletic Association Division I ice hockey players and their relation to game performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1183-1192. doi:10.1519/JSC.0b013e318217650a
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 4(2), 92-99.
- Prokop, N. W., Reid, R. E., & Andersen, R. E. (2016). Seasonal changes in whole body and regional body composition profiles of elite collegiate ice-hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(3), 684-692. doi:10.1519/JSC.0000000000001133
- Renger, R. (1994). Identifying the task requirements essential to the success of a professional ice hockey player: A scout's perspective. *Journal of Teaching in Physical Education*, 13(2), 180-195. doi:10.1123/jtpe.13.2.180
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71-79. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16558670>
- Roczniok, R., Stanula, A., Maszczyk, A., Mostowik, A., Kowalczyk, M., Fidos-Czuba, O., & Zajac, A. (2016). Physiological, physical and on-ice performance criteria

for selection of elite ice hockey teams. *Biology of Sport*, 33(1), 43-48.
doi:10.5604/20831862.1180175

Rowan, C. P., Kuropkat, C., Gumieniak, R. J., Gledhill, N., & Jamnik, V. K. (2015). Integration of the functional movement screen into the National Hockey League Combine. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1163-1171.
doi:10.1519/JSC.0000000000000757

Sannicandro, I., Cofano, G., Rosa, R. A., & Piccinno, A. (2014). Balance training exercises decrease lower-limb strength asymmetry in young tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(2), 397-402.

Sannicandro, I., Piccinno, A., Rosa, R., & De Pascalis, S. (2011). Correlation between functional asymmetry of professional soccer players and sprint. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 370-371.

Schwesig, R., Hermassi, S., Edelmann, S., Thorhauer, U., Schulze, S., Fieseler, G., . . . Chelly, M. S. (2017). Relationship between ice hockey-specific complex test and maximal strength, aerobic capacity and postural regulation in professional players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(11), 1415-1423.
doi:10.23736/S0022-4707.17.07020-7

Shaffer, S. W., Teyhen, D. S., Lorenson, C. L., Warren, R. L., Koreerat, C. M., Straseske, C. A., & Childs, J. D. (2013). Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Military Medicine*, 178(11), 1264-1270. doi:10.7205/MILMED-D-13-00222

- Smith, D. L., & Plowman, S. A. (2007). Understanding muscle contraction. Dans R. Donatelli (ed), *Sports-Specific Rehabilitation*, (pp.15-38), Missouri, St. Louis: *Churchill Livingstone Elsevier*.
- Stanula, A., & Rocznio, R. (2014). Game intensity analysis of elite adolescent ice hockey players. *Journal of Human Kinetics*, 44(1), 211-221. doi:10.2478/hukin-2014-0126
- Stanula, A. J., Gabrys, T. T., Rocznio, R. K., Szmatlan-Gabrys, U. B., Ozimek, M. J., & Mostowik, A. J. (2016). Quantification of the demands during an ice-hockey game based on intensity zones determined from the incremental test outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 176-183. doi:10.1519/JSC.0000000000001081
- Stiffler, M. R., Bell, D. R., Sanfilippo, J. L., Hetzel, S. J., Pickett, K. A., & Heiderscheit, B. C. (2017). Star excursion balance test anterior asymmetry is associated with injury status in division I collegiate athletes. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 47(5), 339-346. doi:10.2519/jospt.2017.6974
- Twist, P. (2007). *Complete conditioning for hockey*. Champaign, IL: Human kinetics.
- Twist, P., & Rhodes, T. (1993). Exercise physiology: The bioenergetic and physiological demands of ice hockey. *Strength and Conditioning Journal*, 15 (5), 68-70.
- Ueberschär, O., Fleckenstein, D., Warschun, F., Kränzler, S., Walter, N., & Hoppe, M. W. (2019). Measuring biomechanical loads and asymmetries in junior elite long-

distance runners through triaxial inertial sensors. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 35(3), 296-308.

Upjohn, T., Turcotte, R., Pearsall, D. J., & Loh, J. (2008). Three-dimensional kinematics of the lower limbs during forward ice hockey skating. *Sports Biomechanics*, 7(2), 206-221. doi:10.1080/14763140701841621

Van Valen, L. (1962). A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 125-142.

ANNEXE A
Certificat d'éthique

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : L'influence de la mobilité chez les hockeyeurs d'âge junior

Chercheur(s) : Raphaël Boudreau
Département des sciences de l'activité physique

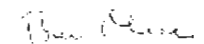
Organisme(s) : Aucun financement

N° DU CERTIFICAT : CER-19-258-07.27

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 20 août 2019 au 20 août 2020

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.



Bruce Maxwell
Président du comité



Fanny Longpré
Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création

Date d'émission : 20 août 2019

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : L'influence de la mobilité chez les hockeyeurs d'âge junior

Chercheur(s) : Raphaël Boudreau
Département des sciences de l'activité physique

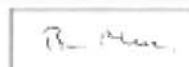
Organisme(s) : Aucun financement

N° DU CERTIFICAT : CER-19-258-07.27

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 20 août 2020 au 20 août 2021

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.



Bruce Maxwell
Président du comité



Fanny Longpré
Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création

Date d'émission : 15 juillet 2020

ANNEXE B

Questionnaire sur les signes de fatigue : Fatigue Assesment Scale (FAS)

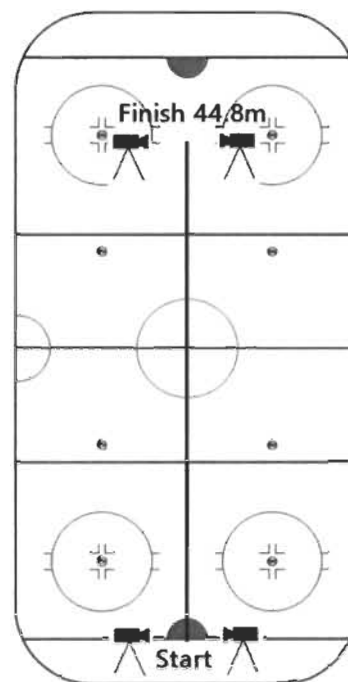
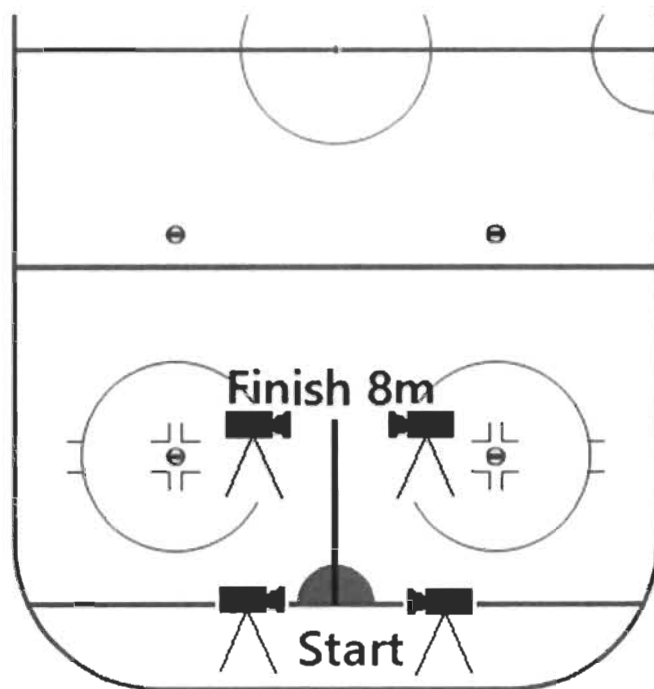
Questionnaire sur les signes de fatigue : Fatigue Assessment Scale (FAS)

Répondre aux questions suivantes concernant votre état. Cocher la réponse qui vous convient le mieux. Répondez à chaque question, même si vous n'avez aucune plainte en ce moment. Vous pouvez choisir parmi 5 propositions de réponse allant de «jamais» à «toujours».

1. jamais
2. parfois (c.-à-d. une fois par mois ou moins fréquente)
3. régulièrement (c.-à-d. plusieurs fois par mois)
4. souvent (c.-à-d. hebdomadaire)
5. toujours (c.-à-d. quotidiennement)

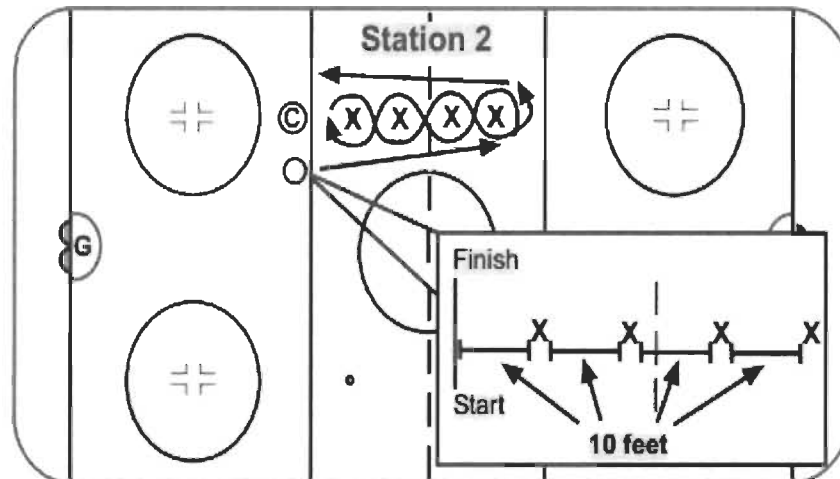
	Jamais	Parfois	Régulièrement	Souvent	Toujours
1. Je souffre de signes de fatigue					
2. Je suis vite fatigué					
3. Je trouve que je ne fais pas grand-chose au cours de la journée					
4. J'ai assez d'énergie pour le quotidien					
5. Je me sens physiquement épuisé					
6. J'ai des difficultés à commencer quelque chose					
7. J'ai des difficultés à avoir des idées claires					
8. Je n'ai pas envie d'entreprendre quelque chose					
9. Mentalement je me sens fatigué					
10. Quand je suis occupé à quelque chose, j'arrive à rester concentré					

ANNEXE C
Tests sur glace



National Skills Standards & Testing Program

STATION TWO: Forward Weave Agility Skate



Time	Description
6 MIN	Forward Weave Agility Skate
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Start at the blue line, skate forward towards the far pylon and make a tight turn around first pylon. Weave back through the pylons, making a tight turn around the last pylon (closest to start line), and weave back through the pylons, making a tight turn around the last one. Sprint back to the blue line which is both the start and finish line. ❖ The first pylon is 10 feet from blue line. (Starting point) ❖ Pylons are set 10 feet apart. 	
Key Execution Points (KEP)	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ This is a timed drill. ❖ Do the test without a puck first, then repeat the test with a puck. ❖ Measure distances for pylon placement and use spray paint to mark the spot. Place a pylon over top of each spray painted dots. This ensures that if a pylon gets knocked off down, it will be easy to replace it to the exact spot. 	

ANNEXE D

